
Bonding til emalje og dentin

Ei oppgåve skrive i samarbeid mellom Kjartan Drabløs
Fredholm Langlo og Åsmund Hansson Morgestad.



Vegleiaren vår har vore professor Morten Rykke

Hausten 2006

Innholdsliste:

S. 1:	Framsida
S. 2:	Innholdsliste
S. 3:	Innleiing
S. 4:	Historikk
S. 9:	Bruksområde
S. 11:	Bonding til emalje
S. 20:	Bonding til dentin
S. 34:	Bonding med sementar
S. 48:	Visjonar innan dentinbonding
S. 55:	Diskusjon
S. 56:	Referanseliste

Innleiing

I odontologien i dag finst det fleire områder det vert forska på. Innan tannrestaureringsmaterial har det lenge vore problem med å få material som er sterke nok, sit lenge nok i kaviteten og klarer å unngå lekkasje. Det er også jobba for å betre teknikkensensibiliteten, og dermed betre kvaliteten på restaureringar. Slik vi ser det er bonding kanskje det viktigaste feltet innanfor denne forskninga. Bonding er engelsk og tyder binding på norsk. Ordet vil kome til å bli brukt i denne artikkelen då den er godt innarbeidd i det norske adhesivmiljøet. Bonding har hatt ei stor utvikling og brukast meir og meir innan odontologien. Det er utvikla mange forskjellige generasjonar, med stadig utvikling i retning større bondingstyrke eller enklare å ta i bruk. I starten hadde ein ikkje syreets, men når denne kom tok bondinga eit kvantesprang. Ein av hovudutfordringane for bondingutviklinga vart å forenkle bondingprosedyren, samtidig som ein måtte auke eller halde bondigstyrken god nok og å motverke mikrolekkasje. Tidlegare hadde ein mange bonding "step", altså mange flasker som måtte kombinerast under prosedyren, noko som kunne gjere det tungvint. No har ein utvikla såkalte one-step bonding basert på sure momomerar, der ein etsar og bondar i ei prosedyre.

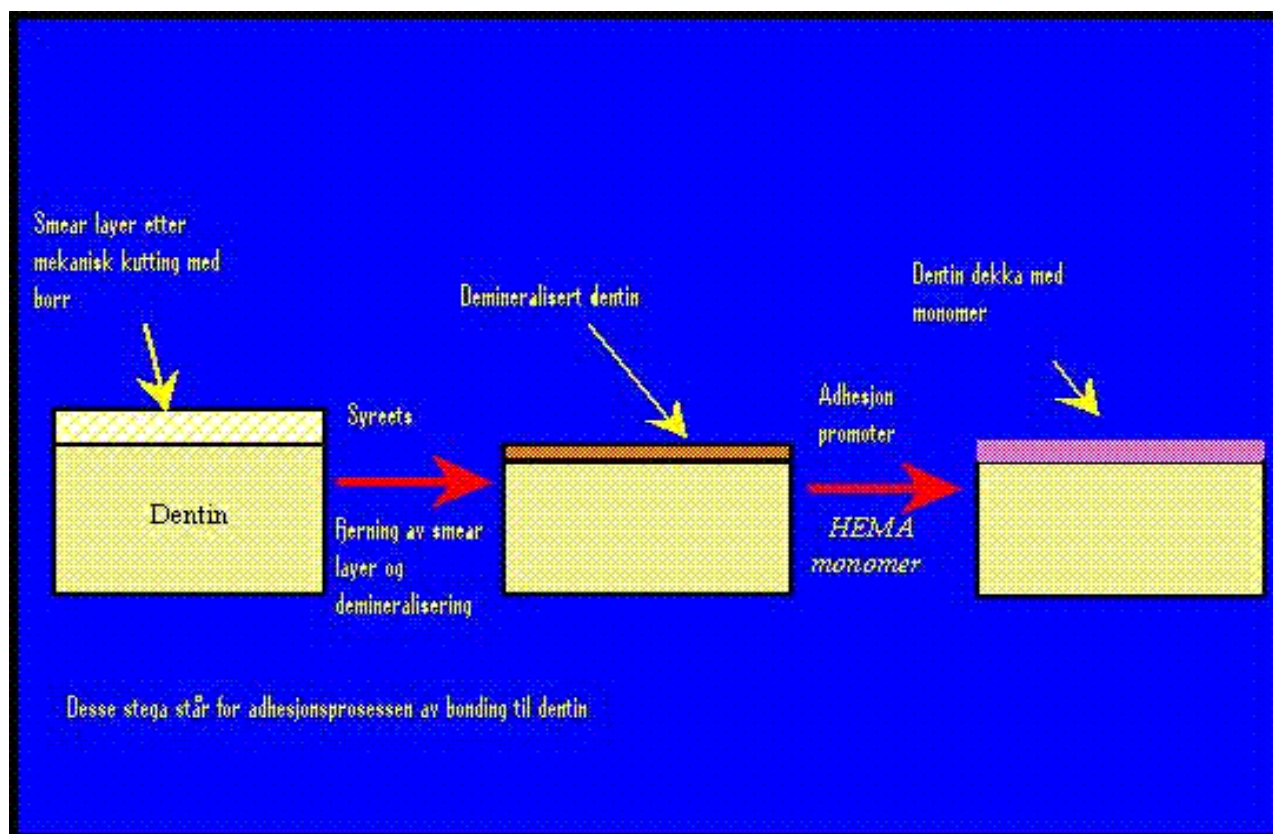


fig.1. Gangen i bonding av adhesivar med separat etsing.

Historikk

Prinsippa for adhesive teknikkar går tilbake til 1955 då Buonocore postulerte at ein kunne bruke syre for overflatebehandling før resinkomponentar vart applisert. Han oppdaga at syreetsinga av emalje med fosforsyre auka varigheita av adhesjon under vatn. I 1963 oppdaga han at det var skilnad på bonding til dentin og til emalje. Seint på 60-talet foreslo Buonocore at det var danning av "resin tags" som var årsak til resinadhesjon til syreetsa emalje. Han meinte at resin trengte inn i mikroporøsitetar i etsa emalje, og dette resulterte i mikromekanisk bonding. Denne teorien er også i dag akseptert. Det vart i tida framover utført ei rekkje med forsøk med ulike lengder på syreetsinga og konsentrasjonen på fosforsyre. Også andre syrer vart testa ut. Den gjengse oppfatninga i dag er at 30- 40% fosforsyreetsing i 15-20 sekund er det ideelle. Bonding til emalje er no noko ein kan stole på, men dei nyaste og enklaste produkta har vist ulike resultat i testar. Dette vert vidare omtalt i Bonding til emalje. Men god bonding til dentin har vore vanskelegare å få til. Tidlege forsøk på dentinbonding resulterte i dårleg bondingstyrke. Dette er ikkje overaskande sidan emalje inneheld lite protein, mens dentin inneheld 17% (i volum) kollagen. Dentintubuli er den einaste moglegheita for mikromekanisk retensjon. Desse tubuli inneheld væske som er til hinder for bonding. Antal tubuli varierer også med lokalisasjon på tanna. Djupt i dentinet er det fleire kanalar per areal enn i overflatisk dentin. Andre faktorar som alder på tennene, retning på tubuli og emaljeprismer, andel av sement til stades, og type dentin, kan ha betydning for dentinbonding. Tidleg dentinbonding vart komplisert pga. at smearlayer ikkje var fjerna. Smear layer blokkerer dentintubuli og fungerer som ei diffusjonsbarriere. Dette tenkte ein i utgangspunktet var eit beskyttande lag mot pulpa sidan den nedsette permeabiliteten til dentin. Når dentinbonding vart forbetra vart det naudsynt at smear layer vart fjerna. Mange faktorar karakteriserer endringa i bondingsystem frå Buonocore til i dag:

- 1 Emaljeetsing

- 2 Etsing/forbehandling av dentin

- 3 Smear layer behandling

Frå 1.- til 7. generasjon bonding

Bondingutviklinga har gjennom åra blitt delt inn i generasjonar. Ein er i ferd med å gå bort i frå denne inndelinga, men vi tek den med sidan den fortsatt er mykje brukt.

1. generasjon

I 1956 viste Buonocore at bruk av glyserofosforsyredimetakrylatresin ville bonde til syreetsa dentin. Dette trudde ein var pga. interaksjonen av desse bifunksjonelle resinmolekyla med kalsiumionane av hydroksyapatitt. Ni år seinare prøvde Bowen å gjere forsøk med fenyglysin og glysidylmetakrylat eller NPG-GMA. NPG-GMA er ein bifunksjonelt molekylobindande bestanddel. Det vil seie at ein ende av molekylet bind til dentin, mens den andre enden bind til komposittresin. Bondingstyrken av desse tidlege systema var berre 1-3 MPa og dei kliniske resultata var dårlege.

2. generasjon

Mens forbetringane vart gjort i adhesivane auka adhesjonen til dentin. På slutten av syttitallet vart 2. generasjon introdusert. Majoriteten av desse adhesivane inkorporerte halo-fosfor-ester av ufylte resinar slik som bisfenol-A glycidyl metakrylat, eller bis-GMA, eller hydroksityl-metakrylat, eller HEMA. Mekanismane til desse andregenerasjons bondingssystema til dentin vart postulert til å vere gjennom ei ionisk binding til kalsium av klorofosfat-gruppa. Dette var svake bindingar i forhold til femte og sjette generasjons bondingar, men det var likevel ei signifikant forbetring frå førstegenerasjonsbonding. Eit stort problem med desse systema var at fosfaten som var bunden til kalsium i dentinet ikkje var sterk nok til å motstå hydrolyse som resultat av vass-innsiving. Denne hydrolysen som var eit resultat av enten salivaeksponering eller fuktigheit frå dentinet i seg sjølv, kunne resultere i komposittresin avbinding frå dentinet og føre til mikrolekkasje. Då dentin ikkje var syreetsa i dei tidlege bondinssystema var mykje av adhesjonen avhengig av bonding til smear layer. Nokre av andregenerasjonssystema var meint å mjukne opp smear layer og på den måten forbetre resinpenetrasjon. Likevel resulterte desse systema i svak og lite påliteleg bindingsstyrke til dentin.

3. generasjon

Med tredjegenerasjonssystema fekk ein syreetsing av dentin som delvis fjerna eller modifiserte smear layer. Syra opna delvis dentintubuli og auka deira permeabilitet. Syra måtte bli skylt vekk fullstendig før primer kunne appliserast. Primeren inneheldt hydrofile resinmonomerer som inkluderar hydroxyetyltrimellitanhydrid, eller 4-META, og bifenylnmetakrylat, eller BPDm. Primerane inneheldt hydrofile grupper som infiltrerte smear layer og modifiserte det og danna grunnlag for adhesjon til

dentin. Den hydrofile gruppa danna adhesjon til dentin. Etter applisering av primer legg ein på eit lag med ufylt resin. Desse tredjegerasjons adhesjonssystema brukar vanlegvis ein hydrofil resin-dentin-primer. Dentinprimerane kan vere 6% fosfat penta-akrylat, eller PENTA; 30% HEMA; og 64% etanol. Etterfølgd av etsing og priming blir den ufylte resinadhesiven applisert til dentin og emalje. I dei fleste av desse systema vil fosfatprimer modifisere smear layer ved å mjukne det opp. Etter penetrering herdar det og dannar ei hard overflate. Så blir adhesiven som bind saman den herda primeren til kompositten, applisert. Binding til smear-layer-dekka dentin var ikkje særleg suksessrik før 1990 fordi resinpartiklane ikkje penetreerte igjennom smear layer og smear layer var veldig svakt.

4. generasjon

Med denne generasjonen blei total-ets-teknikken introdusert, med total fjerning av smear layer ved hjelp av fosforsyre. Denne teknikken hadde sine barnesjukdommar. Ein hadde i starten problem med overetsing av dentin, med følgjande kollagenkollaps og mindre sjans for god binding til dentin. Nakabayashi et.al. rapporterte i 1982 om danninga av eit "hybridlag" som vart definert som: "Strukturen forma som følgje av demineralisering av emalje, dentin og sement følgd av infiltrasjon av monomerar og polymerisering". Mineraliserte område i peritubulærdentin og intertubulærdentin vert oppløyst av fosforsyra, og eksponerar kollagenfibrane som kan infiltrerast av monomerar (hybridlag) i ei djupn på 2-4 µm. Faren med teknikken er å tørke tannoverflata for mykje etter syreets, slik at det vert dentinkollaps. Ein skal verken ha for våt eller for tørr, men ei passe fuktig overflate; slik at resinmonomerar i primeren kan flyte inn og skape "resin tags" i kollagennettverket og skape mikromekanisk bonding.



Fig.2 All-Bond 2

Ein trestegs ets- og skyljeadhesiv frå Bisco. Tanna må først syrebehandlast.(9)

5. generasjon

For å forenkle den kliniske prosedyra med bonding, senke arbeidstida og hindre kollagenkollaps utvikla ein femtegenerasjonsbondingar som kan delast inn i to typar:

Ei-flaske-system:

Denne typen bonding kombinerar primer og adhesiv i ei løysning som appliserast etter syreets med 35-

37% fosforsyre i 15-20 sekund. Løysinga brukast likt på både emalje og dentin.

Sjølvettsande primer:

Watanabe og Nakabayashi utvikla eit tostegs bondingsystem bestående av ein sjølvettsande primer som var hydrofil med 20% femyl-P og 30% HEMA for bonding til emalje og dentin. Denne teknikken reduserer arbeidstida og ein får ikkje same problema med kollagenkollaps som ved total-ets-teknikken, men teknikken har vist seg å ha nokre svake punkt, som blant anna ikkje fullstendig fjerning av smear layer og mindre god bonding til emalje.



Fig.3 One-Step

Ei-flaskesystem frå Bisco. Denne treng syreets før applisering.(10)

6. generasjon

Desse, nyutvikla bondingprodukta prøver å gi ei god bonding til emalje og dentin ved å bruke kun ei løysing blanda saman av to løysingar (flasker) før den appliserast, såkalla "one-step bondingar". Men så langt har desse bondingane vist seg å ha noko dårlegare testresultat enn bondingar med total-ets-teknikk. Nokon omtalar 5. generasjons bonding med sjølvettsande primer som 6. generasjons bonding



Fig.4 One Coat SE Bond 6.generasjons adhesiv.

Toflaskesystem frå Coltène Whaldent. (11)

7. generasjon

Den største forskjellen mellom 6. og 7. generasjon er at 7. generasjon leverast i ei løysing (flaske) frå produsenten, slik at du slepp å blande dei to løysingane før applisering.



Fig.5 IBond frå Heraeus-Kulzer er ein eiflaskekomponent som har alt i flaska.(12)

Ny klassifisering

Medan generasjonsklassifiseringa av bondingprodukt har vore den gjeldande norma dei siste åra, har no Van Meerbeek et al. Konstruert ei klassifisering som er lettare og meir vitenskapleg basert. (Dette blir grundigare omtalt i kapittel om dentin bonding. Her følgjer ein kort oversikt.) Denne inndelinga tek utgangspunkt i tre hovudgrupper av adhesivar: Ets- og skyljeadhesivar, sjølvetsande adhesivar, og glasionomertilnærminga. Ets- og skyljeadhesivar er lett gjenkjenneleg ved at dei har eit separat etsesteg først, etterfølgt av vatn og luft i store mengder i ein skyljefase. Deretter blir adhesiven applisert. Sjølvetsande adhesivar består i hovudsak av ei eller to flasker. Er det to flasker så vert dei blanda saman i eit felles medium før væska blir applisert til tanna. Sjølvetsande adhesivar etsar og bondar i same seanse.

Glasionomertilnærminga har ei polyakrylsyre som førbehandling før ein legg på glasionomerproduktet som er ei blanding av væske og pulver. (8)

Bruksområde

Komposittar

Komposittar er samansette av 2 eller fleire komponentar. Ein har ein forsterkningsfase og ein matrisefase. Forsterkningsfasen er fiber eller partiklar som bind saman. Denne fasen er sterk men skjør, om lag som ein sement i betong. Matrisefasen er strekkbar og fungerer som armering i kompositten. Resinet er det ein brukar som matrisefasen, mens fillerpartiklar av glas og keramikk vert brukt som forsterkningsfase. Dette gir ein kombinasjon av styrke og strekkbarheit til materialet. Den vanlegaste forma for kompositt i dag er ein variant av hybridfylt, der fillerpartiklane kan variere noko i form og storleik.

Bruksområdet for komposittar er fyllingsmaterial for kl.I, II, III, IV og V-kavitatar både anteriort og posteriort, samt innlegg. Komposittar vert rekna for å vere det sterkaste plastbaserte fyllingsmaterialet. For komposittar er bondingen det første leddet av fyllingsterapien etter syreeten. Bondingen bind veldig godt til kompositt, fordi dei begge inneheld resin som bind dei saman ved lyshending.

Kompomer

Kompomer er ein relativt ny type tannrestaureringsmateriale som blir hevda å kombinere eigenskapane til glasinomerasement og kompositt. Namnet er også ein kombinasjon av dei respektive stoffa (komp=kompositt og omer=glasionomer). Desse inneheld dimetakrylatmonomer med to karboksylgrupper i strukturen og fillerpartiklar som er lik dei i vanleg glasionomerasement.

Bruksområde for kompomerar er alle kavitatar med mindre slitasje og stress. Produsentane seier den eignar seg ekstra godt på kl.V fyllingar då den avgir fluor over ein lang periode og det er lite ekspansjon/krymping under og etter herdingsprosessen. Den er og mindre fuktsensitiv enn vanleg kompositt. Reint styrkemessig legg den seg mellom kompositt og glasionomerasement. Der finst eigne typar bonding for kompomerar som seiest å vere tollerante for fuktig miljø.

Rotfylling

Det er no kome nye typar rotfyllingsmaterial, og kanskje det mest kjende er Epiphany frå Pentron Clinical. Det som er nytt er at ein i staden for å bruke tradisjonelle Gutta-percha points, brukar eit resinbasert rotfyllingsmaterial, og eit resinbasert bondingsystem. Bondingen, som omtalast her, er ein sjølvetsande primer som blir applisert ned i rotkanalen, etter ferdig instrumentering, og bonda fast. Dette er ein hydrofil type bonding som lettare kan gå inn i dentintubuli. Deretter set ein nedi

rotfyllingsmaterialet og bondar det fast med bondingen og skal då få eit monolag som er veldig tett i følge produsenten. Det skal visstnok også kunne styrke tanna. Om dette stemmer står igjen å sjå... (2)

Desensitivering

Bonding vert også brukt som desensitiverande materiale på sesnsitive tannhalsar. Grunnlaget for bruken av bonding er den hydrodynamiske teorien. Den går ut på at væskefylte dentintubuli har nerveendar som går litt inn i tubuli frå pulpa. Desse vert påverka av væskebalansen. Ein trur at "ising" i tennene skuldast dehydrering av dentintubuli. Hensikta med bonding i denne samanhang er å tette igjen dentintubuli slik at ein stoppar lekkasje av væske ut mot tannoverflata.

Porselensinnlegg, porselenslaminat og gullinnlegg

Bonding er ein grei måte å feste porselensinnlegg til tanna på. Det same gjeld porselenslaminat. Gullinnlegg går også an å bonde, men då må det overflatebehandlast først.

Bonding til emalje

I dei tidlege stadia av bonding var det ingen som visste at ved boring av tanna vart det danna smear layer. Desse laga maskerte det underliggende laget av hard tannsubstans, så det vart ei svak binding til smear layer istaden for ei sterk binding til tannsubstansen. Dei tidlege adhesivane var relativt hydrofobe, og kunne ikkje trengje gjennom smear layer. Når ein testa ut bondingstyrken som låg på kring 5 MPa og studerte frakturlinjene fann ein at det var smearlayer på både tann og fylling.

Morfologiske studiar har i hovudsak fokusert på dentin smear layer, med mål om å bevare eller modifisere det med dentin adhesive primerar, då dei vart utført i ein periode der det nærast var tabu å syreetse dentin direkte. Sjølv om dentin- og emalje-smear layer ser like ut i scanning electron mikroskop (SEM), antek ein at ultrastrukturen er ganske annleis og at den reflekterer samansetninga av dei ulike harde veva. Ei nyare undersøking av emalje smear layer med transmisjon elektron mikroskop (TEM) viste at den består av bitar av frakturerte apatittkrystallar som er tett bunden ihop (t.d. av saliva glykoprotein) og danner ei overflateskorpe over emaljen som har blitt borra i. Desse frakturerte apatittbitane er mykje større enn dei ein finn i dentinet og dei gjenspeglar dei originale emaljeapatittkrystallane som dei kjem ifrå.

Smear layer er syrelabile og dei var ikkje noko utfordring for emaljebonding då ein brukte fosforsyre som etsing. Men eit potensielt emalje smear layer kan bli eit problem når “non-rinsing self etch” adhesivar blir brukt til å bonde til preparert emalje. Dei mindre sure adhesivane må vere sure nok til å etse bort heile smear layer til den preparerte emaljen for å få mikromekanisk retensjon. Det kan vere eit problem. For dei meir aggressive “non-rinsing self etch” adhesivane vil det gå å fullstendig fjerne heile smear layer. Sidan emalje har høgare innhald av uorganiske material enn dentin, er det truleg at smear layer til emalje har høgare bufferkapasitet enn dentinet. Det betyr at ein treng å etse meir emalje smear layer for å fjerne det enn dentin smear layer.

Ufylte bis-GMA haldige hydrofobe resinar, liknande dei som blir brukt i fissurforsøgling har tradisjonelt blitt brukt til binding av resinkompositar til etsa emalje. Tidlege studiar i 1970-åra viste at retensjon av resin til etsa emaljeprismar var uavhengig av bruken av ein intermediat ufylt bindande resin. Sjølv på den tida påpeika Tang et al. (In vitro shear bond strength of orthodontic bondings without liquid resin) ein viktig relasjon mellom viskositet av adhesiven og penetrasjon i emaljen. Det viste seg nemleg at lavviskøse adhesivar danna både interprismatiske- og intraprismatiske bindingar med emalje etter polymerisasjon, mens høgviskøse adhesivar berre danna interprismatiske bindingar. Det har også blitt vist at i mangel på adekvat fluorbehandling, har fissurforsøgling, ufylte resinar eller dentinadhesivar gitt signifikant beskyttelse mot demineralisering.

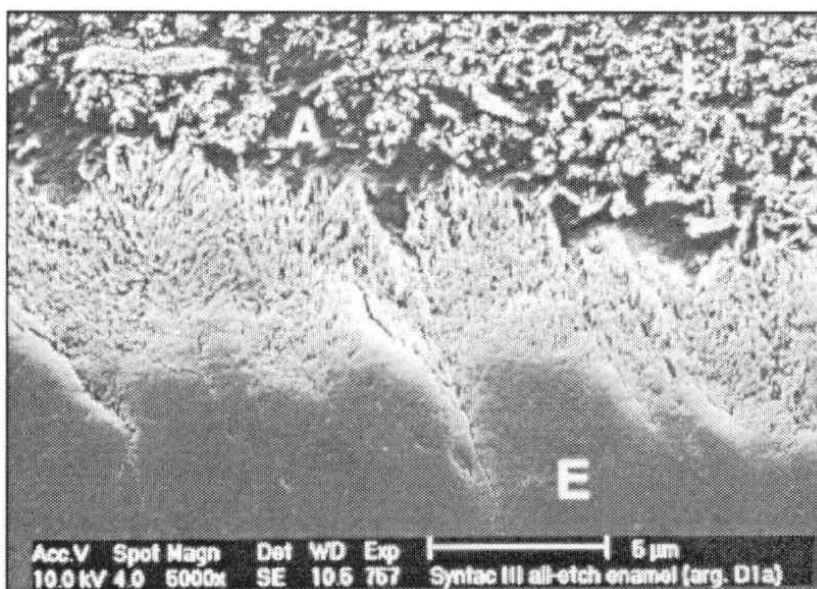


Fig.6 Emaljebonding (16)

Sjølvsande dentinadhesivar og resinsementar blir stadig meir populære. Med vatn som ein integrert komponent i desse “non-rinsing” adhesivane, slepp ein lengre å vere usikker på kor våt emaljen eller dentinet skal vere. Dei har også vist seg å gi mindre hypersensibilitet ved bonding til dentin. Bruken av desse adhesivane kan bli veldig lovande dersom dei presterer like bra som bonding av pits og fissurar eller ortodontiske brackets, der syreets med fosforsyre fortsatt er det vanlegaste brukte. Produsentar av sjølvsande adhesivar køyrer ei aggressiv marknadsføring mot kjeveortopedar, og nokre lovande studiar har vist at fosforsyrekonsentrasjonar ned til 2% er adekvate for å bonde brackets og har i tillegg den fordelen at den hindrar emaljeskade ved fjerning av reguleringa ved endt behandling.

Ulikt bonding til dentin, har sjølvsande adhesivar vore eit kontroversielt emne, spesielt når svake sjølvsande adhesivar er blitt brukt på ubehandla emalje. Dei sjølvsande adhesivane varierer i grad av aggressivitet med tanke på konsentrasjonen av sure resinmonomerar i tillegg til dei spesifikke sure monomerane. Denne skilnaden i aggressivitet influerer evna til å penetrere smear layer og demineralisere og bonde til dentin eller emalje. Ein aggressiv adhesiv kan fullstendig løyse opp eller infiltrere eit smear layer og danne tjukke hybridlag i preparert dentin og emalje som kan samanliknast med konvensjonell syreetsteknikk med fosforsyre.

Svakare adhesivar brukar smear layer som ein inkorporert del av den bonda overflata. Då vert det berre eit tynt hybridlag i intakt dentin eller emalje som er mindre enn 1-2mm tjukk. For bonding til ubehandla emalje, vil effektiviteten til adhesiven vere avhengig av å kunne demineralisere det meir syreresistente aprismatiske emaljelaget. Yoshiyama et al. og Hara et al. fann ut at bonding av sjølvsande adhesivar til preparert emalje gav eit mykje dårlegare resultat enn bonding med “single-

bottle” og “multi-step”-system der ein etsa med fosforsyre først. Sjølv om veldefinerte etsemønster i emaljen og "resin tags"-danning ikkje er absolutt nødvendig for å oppnå sterk bonding til emalje, så er det likevel assosiert med mindre feil og lengre haldbarheit på sikt in vivo. Sjølv om adhesjonen som dei nyare svake sjølvetsande adhesivane dannar er ekvivalent med dei som har fosforsyra emaljen først, så vil den tynne laminaliknande resinen som har lagt seg på den ubehandla emaljeoverflata, blant dei sjølvetsande adhesivane, truleg ikkje klare seg så bra under strekk og drag, som dei meir aggressive sjølvetsande adhesivane og dei med tradisjonell syreetsing. Ein signifikant reduksjon i emalje bondstyrke vart observert for nokre svake sjølv-etsande primersystem, som Imperva Fluoro Bond (Shofu), Clearfil Liner Bond II (Kuraray), og Mac Bond II (Tokuyama) etter testing med varme og fuktigheit (thermal cycling).

Ein annan viktig faktor som influerer varigheita på bindinga danna mellom svake sjølvetsande adhesivar på emalje, er evna til å motstå slit og drag over tid (fatigue stresses). Ein ny studie utført av Nikaido et al.

med bonding av Clearfil Liner Bond II til borrhpreparert dentin med tjukke smear layer viste at det vart ein stor reduksjon i microtensile bond strength etter at prøvene vart testa for slit og drag (fatigue load cycling). Liknande testar bør bli gjort med tanke på bonding av svake sjølvetsande adhesivar til emalje.



Fig. 7 Syreetsa emaljeprismer (16)

Bondingstyrke til emalje

Måling av bondingstyrke

In vitro målinger av debondingstyrke og bondingstyrke er viktige når ein skal vurdere kvaliteten av nye adhesivar og restaureringsmaterial til emalje. Det første målet for bonding testing er å måle debondingstyrken, altså den styrken som må til for at bondinga skal løsne. Det andre målet er å finne ut kva område av bondinga som feila.

Debondingstyrke

Debondingstyrke blir målt i Newton (N), kilogram (kg), eller pund (lb). Denne styrken er relativ til arealet av det bonda området. Vanlegvis brukar ein diametrar på bonda prøver mellom 1-4,5 mm, som representerer bonda områder på 0,8-15,9 mm². Som oftast vil prøver med små areal gi høgare verdiar av bondingstyrke.

Bondingstyrke

Bondingstyrke blir rekna ut ifrå debondingstyrka delt på det bonda arealet. I litteraturen brukar ein ofte megapascal (MPa), kilogram per kvadratcentimeter (kg/cm²) og pund per kvadrat inch (lb/in² eller psi).

Bondingfeil

Adhesive feil er dei som oppstår mellom adhesiven og tanna. Kohesive feil er dei feila som oppstår i sjølve tanna eller i sjølve adhesiven. Bondingfeil er ofte ei blanding mellom adhesive og kohesive feil. Når ein oppgir feil plar ein ofte oppgi dei i prosent. Ein kan seie at prøve A hadde 100% adhesiv feil i emalje/resin komposittområdet, mens prøve B hadde 100% kohesiv feil i resin-kompositten og prøve C hadde 100% kohesive feil i emaljesubstratet. I dette dømet hadde prøve A svakare bondingstyrke enn kohesiv styrke og resin-kompositten skilde lag med tannsubstansen utan å affektere tanna.

Konklusjonen vi kan trekke frå dette er at denne resinen bondar svakt til emalje. I B derimot, var det kohesive feil i resin-kompositten, og i prøve C var det emaljen som knakk. Dei relativt høge verdiane for bondingstyrke viser at resin-kompositten bonda bra til emalje, men den eigentlege styrken veit vi ikkje. Men for prøve B kan det tenkast at det var dårleg polymerisasjon mellom resin og kompositten som førte til feilen. Den 100% kohesive feilen i emaljen for prøve C kan indikere at emaljen var tynn eller var skada.

Bondingstyrkemåling med tensjonstestar og skjeretestar

Bondingstyrketesting blir oftast utført ved strekk- eller skjerekraft der ein brukar ei standardisert maskin. I tensjonstesting (tensile) vert det restorative materialet dregen rett vekk frå emaljesubstratet.

To populære tensjonstestar er ”the inverted, truncated cone test” og ”micro tensile test”. Adhesivar som vert testa med begge testane har vist seg å skåre høgast på mikrotensjonstesten. Årsaka til dette er truleg at mikrotensjonstesten har mindre areal med bonding/emalje og då plukkar ein raskt ut dei prøvene som ikkje har blitt bonda skikkeleg, før dei blir testa. I skjeretesting (shear testing) blir den bonda delen utsett for stadig aukande trykk frå ein skjerande kniv eller kompresjon av ein metallstreng som er slynga rundt, slik at den bonda prøva blir skoren av parallellt med emaljeplata. Denne testen ber preg av mange feilkjelder, t.d. avskrelling, spenningsbelastning og avriving. Tensjonstestar har oftast mindre variasjonar i testresultat enn dei mest vanlege skjeretestane.

Bondingtestar der ein brukar tenner inneheld mange variablar som kan påverke resultatet på bondingstyrken. Desse variablane inkluderer type tann (t.d. incisivar, premolarar, molarar, humane, bovine osv.), fluoridinnhaldet i tanna/tennene, desinfeksjon og lagringsmedium av tennene før bonding, tidsrom frå lagring til bonding, type test (tensjon, skjere), hastigheit på den mekansike testmaskina, området på prøvene som blir bonda, og type borr eller fil som blir brukt for å preparere tanna. Ein teknisk spesifikasjon er under arbeid for at ein i framtida kan få meir standardiserte testar og då lettare kan samanlikne dei.

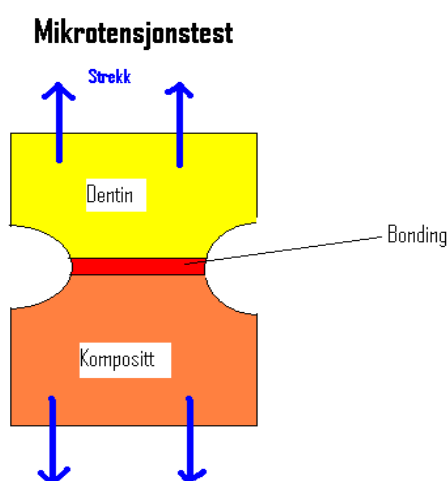


Fig.8 Skjematisk framstilling av ein mikrotensjonstest. Ei slik prøve blir utsett for drag heilt til den ryk, og då finn ein ut kor mykje den tålte og kor brotlinja låg.

Eksperimentelle modellar for evaluering av bondingstyrke:

Evaluering av bondingstyrke kan ein studere in vitro ved å bruke ein simulert klinisk modell. Ein meir grunnleggjande test er den isolerte substratmodellen der bondingen av ein adhesiv til tannvev eller eit restaureringsmaterial blir studert uavhengig. Retensjon av restaureringar eller bondingsvikt kan studerast klinisk både med retrospektive og prospektive modellar.

Klinisk simuleringsmodell

I denne modellen kan ein til dømes bonde ein kjeveortopedisk "bracket" til ei ekstrahert tann med ein kjeveortopedisk resinsement. Så vil tanna med bracket bli utsett for belastning i ei testmaskin til bondingen ryk. Svakheita med denne teknikken er at bondingen vanlegvis ryk ved fleire ulike punkt, og ikkje berre eit, så det er vanskeleg å isolere variablane som førte til at bondingen rauk.

Isolert overflatemodell

Denne modellen er konstruert på den måten at adhesiv-/emaljeoverflata blir studert separat ved å bonde ein sylinder eller kon med restaureringsmaterial eller sement direkte på emaljeoverflata for så å debonde restaureringsmaterialet eller emaljen.

Kliniske studiar

Det randomiserte kliniske studiet er eit eksperimentelt studie der forskaren vel ut og kontrollerer behandlingane under eit forsøk, og dreg konklusjonar om i kva grad spesielle behandlingar gav resultat. Motsatsen til prospektiv studie er retrospektiv studie (observasjonsstudie) som går ut på å analysere behandlingar som allereie er gjort, og trekke konklusjonar ut frå dette. Forskaren kan altså ikkje kontrollere variablane, berre observere dei. Fordelar og ulemper med prospektive og retrospektive studiar er summert i tabell nr. 1.

Type studie	Fordelar	Ulemper
Prospektive	randomisering reduserer bias. Konklusjonane kan bli sterkare.	Pasientane har ingen behandlingsval. Pasientane kan hoppe av studien. Etiske spørsmål dersom ei behandling blir rekna for å vere betre enn den andre.
Retrospektive	Minimale utgifter. Enkel å utføre.	Variasjonar blant pasientar kan føre til blanding av data. Kan bruke og tolke tabellar.

Tabell 1.

Variablar som påverkar in vitro bondingstyrke

Skilnader mellom tenner:

Ein har funne skilnader i skjerebondingstyrke mellom molarar i overkjeven (6-13 MPa) og underkjeven (9-13 MPa). Permanente tenner ser ut til å ha like bra, eller litt betre resultat enn primære tenner.

Fosforsyre:

Den høgaste form for bondingstyrke er ynskjeleg. Bondingstyrke av resinkomposittar med 4., 5., 6., og 7. generasjons adhesivsystem til human dentin og emalje vert rekna som tilfredsstillande. Generelt sett er bonding til emalje sterkare enn bonding til overflatisk dentin.

Kompomerar bondar bra til emalje. Den høgste bondingstyrken får ein ved å bruke fosforsyre og ein adhesiv, sjølv om kompomeren i seg sjølv har ein viss grad av binding til fukta emalje.

Hybridionomerar (resinmodifisert glasionomer) bondar også til emalje. Den høgste bondingstyrke ein kan oppnå med hybridionomerar får ein når ein først syreetsar emaljen. Etsing med ein polyakrylsyre-conditioner (10 eller 20%) dannar svakare bonding enn etsing med fosforsyre.

Sure primerar og adhesivar:

Eit alternativ til å etse emalje med fosforsyre er å bruke sjølvetsande adhesivar, ofte kalla 6.- og 7.generasjons adhesivar. 6. generasjons adhesivar inkluderer sjølvetsande primer og adhesiv. 7.generasjons adhesivar er sjølvetsande adhesivar(sjå innleiing). Med desse adhesivane er det ikkje meininga at ein skal bruke fosforsyre. Likevel kan bondingstyrken til emalje og dentin bli adekvat.

Fleire femtegenerasjons adhesivar har moglegheita til å velje mellom fosforsyre og sjølvetsande primerar. Generelt sett viser testresultata at dei er omlag like gode.

Bondingstyrken av lysherda adhesivar kan bli påverka av bruken av sjølvherdande resinar. Spesielt adhesivar med med sure komponentar vil få svekka styrke saman med sjølvherdande kjeveortopediske resinsementar.

Fluorid:

Tenner med eit høgare innhald av fluor blir rekna for å vere meir motstandsdyktig mot syreetsing enn normale tenner og bør difor bli lengre etsa. In vitro bondingstyrke av fissurforsseglingar til human emalje har likevel ikkje å bli påverka i nokon stor grad av ulike fluorbehandlingar.

Intakt emalje:

Produsentar av 6.- og 7.generasjonsbondingar anbefalar å bonde til emaljen etter at ein har preparert med abbrasiv instrument eller etsa med fosforsyre. Forsking viser at ein får ein redusert bondingstyrke ved å bonde med sjølvetsande adhesivar til intakt emalje, samanlikna med preparert emalje.

Kariesliknande lesjonar

Den beste bondingstyrken er oppnådd med frisk emalje. Ein kariesliknande lesjon resulterte i ein reduksjon i bondingstyrke på 38-58% i ein studie av Xie J. et al.

”Air Abrasion” (Luft blanda med aluminiumoksidpartiklar)

Dette er ein teknikk der partiklar av aluminiumoksid blir bombardert mot emaljeoverflata av eit høgt lufttrykk som fører til abrasjon av overflata. Nokre produsentar av desse instrumenta hevdar at denne teknikken kan erstatte syreetsing med fosforsyre. Undersøkelser har derimot vist at bondingstyrken ved bruk av denne teknikken berre oppnår 50% av bondingstyrken ein får når ein brukar syreetsa emalje til resinkomposittar.

Laseretsing

Bondingstyrke av emalje behandla med fosforsyre gir betre bondingstyrke enn emalje preparert med Erbium-YAG laser.

Fuktigheit og forureining

Fukta tenner vert oftast anbefalt for moderne bondingprodukt (4.-, 5.-, og 6.generasjon). Bondingstyrke for fjerdegenerasjons bonding brukt saman med resinkomposittar kan bli påverka for tørr eller for våt overflate i tillegg til forureiningar som saliva, plasma, zinkoksideugenolsement, og non-eugenol sinkoksidsement. Etsing på nytt etter kontaminasjon er effektivt.

Klorheksidin

Klorheksidin kan bli applisert på tennene og over kjeveortopediske hjelpemiddel under behandling for å redusere plakk-danning. Bondingstyrken blir ikkje påverka dersom klorheksidinet blir påført etter at sjølve bondingprosessen er fullført, eller som ei profylaktisk påføring før syreetsing. Men dersom klorheksidinet blir applisert på den syreetsa overflata eller på bondinga før kompositten er applisert, vil bondingstyrken minkast dramatisk.

Bleiking

Bondingstyrke av resinkomposittar til karbamidperoksidbleika tenner, der ein brukar 5.generasjons bonding, er redusert. Men denne reduksjonen kan eliminerast dersom ein forbehandler tanna med natriumaskorbat.

Bonding til dentin

Smear layer

Ved dentinbonding er det mest vanleg at tannoverflata er dekt med smear layer. Eit smear layer er eit lag med dentinspon som legg seg på tanna etter at den er blitt preparert med bor eller handinstrument. Endodontisk preparering med motoriske- eller handinstrument, eller periodontisk rotplaning, dannar også smear layer. I forskningssamanhang brukar ein silikonkarbidpapir for å slipe til tennene. Smear layer blir undersøkt med SEM, der tjukkleiken på laget er 1-2 mikrometer og dekker totalt dentinlaget. Ein finn smear plugs i dentintubuli som har ei lengd på 1-10 mikrometer. Desse smearpluggane heng saman med resten av smear layer. Tjukkleiken og morfologien til smear layer varierer etter kva type instrument ein brukar og kvar i dentinet ein befinn seg i forhold til pulpa. Tani og Finger har undersøkt i lysmikroskop prepareringar av tenner med diamantbor av ulik kornstorleik og preparering med silikonkarbidpapir av ulik storleik. Dei fann ut at smear layer tjukkleiken auka med auka grovkorna diamantar og silikonkarbidpapir.

I klinisk samanhang finn ein også bakteriar i smear layer. Ei anna ulempe med smear layer er den dårlege bindinga til dentinet samt den porøse komposisjonen. Dette er av avgjerande betydning for bonding av kompositte resinar. Tidlege bondingprodukt som skulle inkorporere smear layer i bindingen utan syreetting klarte ikkje å trengje djupt nok inn til å danne binding med intakt dentin. Slike bondingar var svært utsett for kohesive feil i smear layer.

Der er i utgangspunktet to alternativ for å overvinne svak bondingsstyrke med tanke på den svake bindinga mellom smear layer og dentin. Det eine er å fjerne smear layer før bonding, mens det andre er å bruke bondingprodukt som kan trengje igjennom smear layer inn til dentinet og smastundes inkorporere smear layer. Begge teknikkane har vist seg å vere suksessrike. Med den første teknikken der ein fjernar smear layer får ein ein mykje større penetrering av dentintubuli og samstundes mogleggjer ein væskestraum utanfrå og ikkje berre innanfrå pulpa. Etter at smear layer er fjerna med fosforsyre vil permeabiliteten i dentintubuli auke med meir enn 90% samanlikna med permeabiliteten før smearlayer er fjerna. Sidan hovudmekanismen for tannsensitivitet er basert på hydrodynamiske væskeflyt i dentintubuli, kan behandling av tenner der ein fjernar smear layer, føre til hypersensitivitet in vivo. Opne dentintubuli kan også forårsake at bakteriar tek seg inn og innvaderar pulpa. Sjølv om det har blitt vist at bondingprosedyrer har ført til forbigåande pulpainflammasjon, spesielt i djupe kavitetar, er nok mikrolekkasje mellom bindingen og dentinet eit mykje større problem for bakterieinvasjonen og pulpal irritasjon.

Forskarar har lenge vore klar over smear layer, og ein har av praktiske grunnar brukt SiC papir for å slipe tanna og få eit smear layer in vitro. Veldig ofte har ein brukt SiC papir med 600 grit, men

Tani og Finger har vist at ein stad mellom 180 og 240 grit er meir passande for å simulere smear layer danna med diamantbor. Det er med andre ord mykje misvisande forskning kring smear layer, då det har vist seg at ein har oppnådd mykje gunstigare resultat med sjølvetsande bondingprodukt med 600 grit sandpir. Ein konkluderer med at dentin smear layer in vitro er mest korrekt om ein brukar diamantbor.

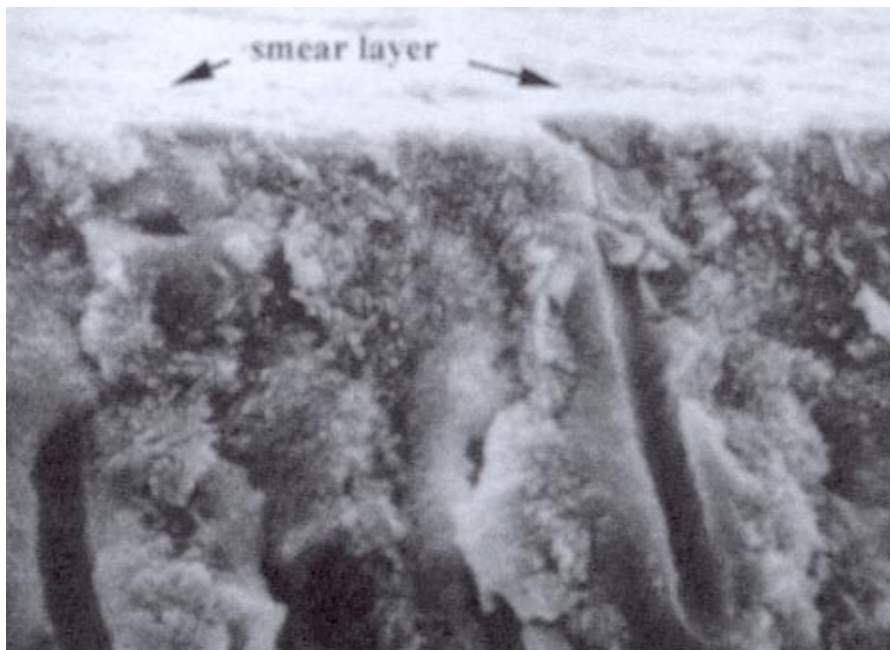


Fig. 9 Her ser vi eit typisk smear layer etter preparering. (16)

Sono-abbrasjon

Nyleg har sono-abbrasjon blitt introdusert som eit alternativ for å preparere minimalt invasive kavitatar. Denne teknikken er basert på fjerning av tannsubstans ved hjelp av eit luftdriven handinstrument der arbeidsdelen er dekt med eit diamantstøvlag som vibrerer ultrasonisk og på den måten fjernar tannsubstansen. Det finst ulike storleikar og former på desse arbeidsdelane utifrå kvar dei skal brukast. Det er gjort få studiar på smear layer danna av sono-abbrasjon, men dei som er gjort viser til at det er veldig likt borpreparert dentin. Ein kan som konklusjon seie at sono-abbrasjonssystem kan reknast som eit godt ekstraustyr til roterande instrument ved kavitetspreparering, der hovudfordelen er mindre skade på nabotenner.



Fig.10 Sonoabbrasjon utan å skade nabotenner. (16)

Luftabbrasjon

Luftabbrasjon er ein relativt gamal teknikk som nyleg har fått auka interesse. Enkelt sagt kan ein kalle dette ein mild form for sandblåsing. Luftabbrasjon er spesielt godt egna for å abradere tannmateriale. Hovudfordelen med denne typen instrument er at kinetisk energi danna av ein kraftig straum av aluminiumoksidpartiklar kan brukast til å preparere hardt tannvev, mens blautvev som gingiva ikkje vert råka så hardt. Det største problemet med denne teknikken er å fjerne alle støvpartiklane som sprutar ut.

Når ein brukar det på dentin dannar luftabbrasjonen ei irregulær overflate og eit særprega smear layer med smear pluggar. Intertubulært dentin ser ut til å vere komprimert og trykt ned i dentintubuli. Sjølv om mange produsentar har hevda at luftabbladerte tannoverflater er meir mottakeleg for bonding fordi dei har ein mikroretensjonsoverflate som er danna av luftabbrasjon, og at dermed syreetsing kan kuttast ut, har mange forskarar benekta dette og vist at det ikkje stemmer.

Laserpreparering

Laserteknologi har hausta popularitet dei siste åra og mange typar utstyr har vore lansert innan medisin og tannlegebransjen. Laserteknologi kan fjerne tannsubstans på ein effektiv og presis måte ved hjelp av termomekanisk abblasjon som inneber mikroeksplosjonar. Vassavkjøling er naudsynt for å unngå sprekkedanning og smelting av emalje og dentin og unngå termisk skade av pulpa.

Det vert ikkje danna smear layer under laserpreparering av tanna. Dentinoverflata er skalaktig og irregulær som kjem av mikroeksplosjonar. Som ved luftabbrasjon hevdar produsentane av laserar at ein ikkje treng å syreetse dentinoverflata før ein bondar når ein har brukt laser. Mange forskarar har rapportert fordelar med kavitetspreparering med laser. Den røye overflata ein får er ikkje demineralisert og har opne dentinkanalar. Dette kan medføre auka mekanisk mikroretensjon. Når ein samanlikna laserpreparert dentin med borpreatert dentin, fann ein at det var like, eller betre resultat ved bruk av laserpreparering når det gjeld bondingstyrke og mikrolekkasje. Trass i desse gunstige funna er det stadig fleire forskarar som har endra meining om nytten av laserablasjon av tannprepareringar. Fleire forskarar nemner laserskade av emalje og dentin der ein får kohesive frakturar som oppstår i dentinet. Kontrollerte mikrotensjonstestar viste signifikant lågare bondingeffekt til laserbehandla dentin og emalje. Denne strukturelle svakheita gjeld ikkje berre det øverste laget. Sprekker danna av laserstrålar modifiserer og svekkar dentinet over ein tjukkleik på 3-5µm, noko som gjer det usikkert å bruke komposittar. Mekanisk fjerning av dette lasermodifiserte overflatiske laget, eller fjerning med syreetting gjenopprettar bondingstyrken, men berre delvis, då skadar og svekking av dentinet kan gå lengre inn. Mikrolekkasjestudier indikerer også at det blir mindre lekkasje om ein syreettar før ein bondar.

Alt i alt kan ein seie at laserar ein brukar i dag er ikkje gode nok samanlikna med konvensjonelle roterande instrument då dei til og med kan påvirke bondingstyrken på ein ugunstig måte.

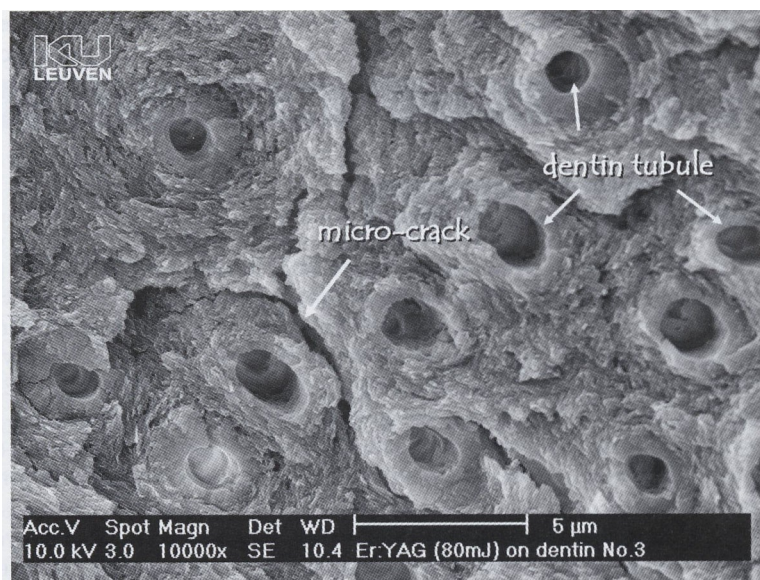


Fig.11. SEM-foto av laserpreparert dentin. Som vi ser lagar ikkje laserpreparasjon noko smear layer, men den lagar mikrosprekker i tannvevet. Adhesjon av kompositt til laserpreparert dentin gir eit usikkert resultat på sikt på grunn av det svekka dentinet.(6)

Mellomlag og hybridisering

Mikromorfologisk karakterisering av overflater er av overordna betydning for å kunne forstå bondingmekanismen til tannvev. Ein brukar i hovudsak to elektronmikroskoptechnikkar: TEM og SEM. TEM gir informativt oversiktbilete av både interaksjonssona med intakt dentin og med resinlag. SEM-bileta gir ein oversikt over ei overflate, med spesielle teknikkar for prøvematerialepreparering kan også lage SEM-bilete av mellomlaga.

Frå byrjinga av har adhesivar vore kjent for å ha ein stor turn over rate. Store pengar ligg i dette markedet, og det har gjort at produsentane har forska mykje på området, og stadig laga nye produkt som dei ynskjer å gi eit uttrykk av å vere betre enn dei gamle. Mens dei gamle enkle bondingsystema utvikla seg til multi-steg bondingar har det i den seinare tid gått tilbake til enklare system med berre ei flaske igjen, for å gjere systema enklare og mindre teknikkssensitive samt redusere behandlingstid.

Å klassifisere dei ulike systema er ikkje berre enkelt pga. det store tilfanget og den raske turn over av produkt. Mange klassifiseringar har vore prøvd ut, og den som kanskje er mest kjent er generasjonsklassifiseringa som er gjengitt tidlegare i denne oppgåva. Van Meerbeek et al. har foreslått ei vitenskapleg klassifisering med tre hovudgrupper av adhesivar: Ets- og skyljeadhesiv (etch and rinse adhesives), sjølvetsande adhesivar og glasionomeradhesivar. Denne klassifiseringa er enkel og har vist seg å vere reliabel og konsistent. Alle desse tre kategoriane av adhesivar har ein felles adhesjonsmekanisme av hybridisering. Hybridisering er ein mikromekanisk låsemekanisme som inneber demineralisering, infiltrasjon polymerisasjonsprosessar, og var første gong beskriven av Nakabayashi et al.. Eit hybridlag er resin som er infiltrert i overflatelaget av demineralisert dentin (og emalje).

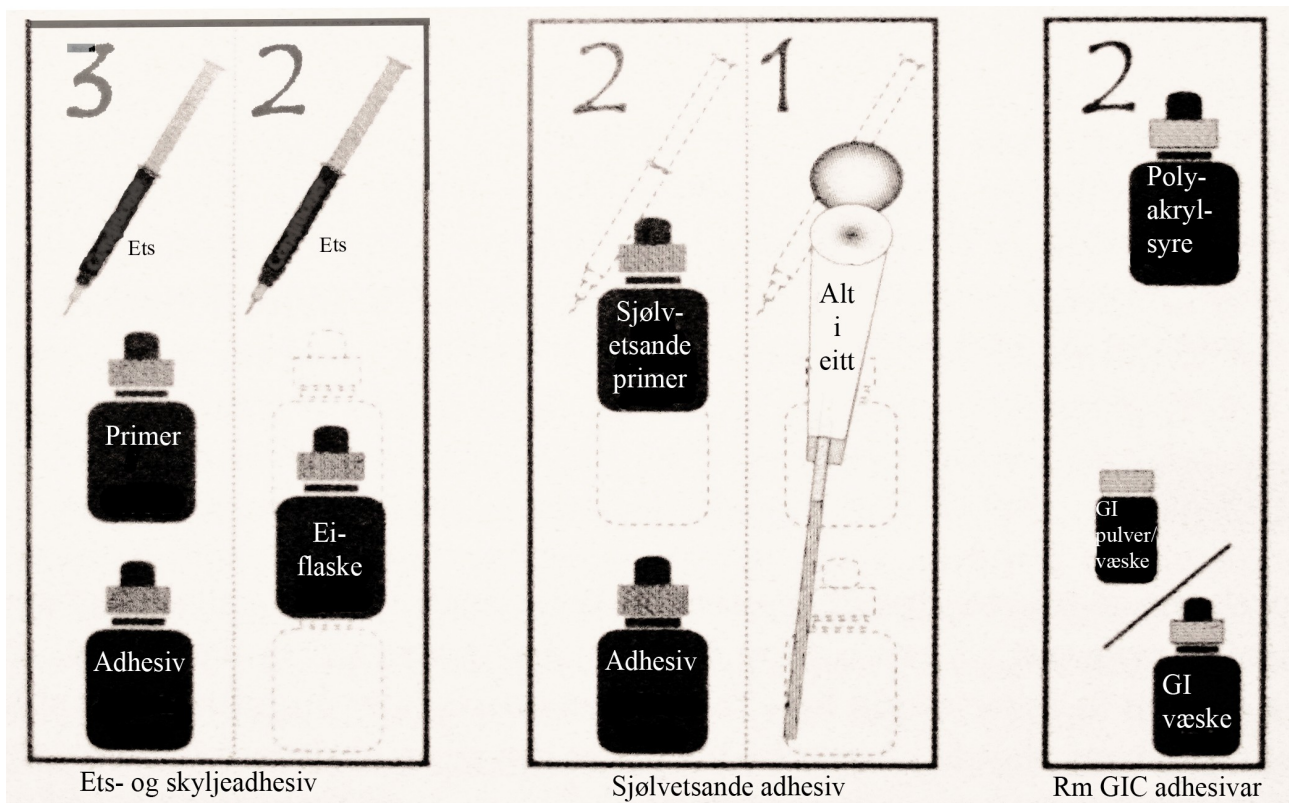


Fig. 12: Systematisk oversikt over dei ulike bondingprosedyrene. (Henta og modifisert frå Dental Hard Tissues and Bonding. G. Eliades, D.C. Watts, T. Eliades Dental Hard Tissues and Bonding. G. Eliades, D.C. Watts, T. Eliades)(6)

Ets- og skyljeadhesiv

Ets- og skyljeadhesivar kan lett bli gjenkjent ved at dei har eit separat etsesteg først, etterfølgd av vatn og luft i store mengder i ein skyljefase. Eit anna vanleg brukt namn for denne gruppa er “total etch” adhesivar, noko som ikkje er heilt passande fordi sjølvetsande adhesivar kan også etse og demineralisere tannsubstans.

Dette etsesteget demineraliserer dentinet for å fjerne smear layer og smear plugs, og for å oppnå mikroporøs overflate med forbetra bondingkapasitet. Både chelaterande- og mineralsyrer kan brukast til å demineralisere dentin. Mange ulike syrer har vore testa ut, som t.d. sitron-, malein-, nitrat-, oxalisk-, og fosforsyre. Sidan ets- og skyljesystema skal etse både emalje og dentin er det problematisk å bruke ei svak syre fordi svake syrer etsar ikkje så bra emalje. Dagens ets- og skyljeadhesivar brukar vanlegvis fosforsyre med ein styrke på 30-40%.

I byrjinga inneheld ets- og skyljeadesivane tre steg: 1. kondisjonering (etsing), 2. priming, og 3. adhesiv resin. Ein adhesiv som følgjer dette systemet kallar ein ein trestegs ets- og skyljeadhesiv. Ein

har seinare utvikla ein tostegs ets- og skyljeadhesiv for å gjere det litt enklare for operatøren. Der kombinerer ein priming og bonding til eit steg. Eit anna vanleg brukt namn for ets- og skyljeadhesiv er “eiflaskeadhesiv”, noko som er misvisande sidan ein først må syreetse før ein kan bonde.

Både trestegs- og tostegs ets- og skyljeadhesivar bygg på dei same adhesjonsmekanismene. I “kondisjoneringssteget” vil fosforsyre fjerne smearlayer og den vil demineralisere dei første 3-5 µm av dentinet. På den måten eksponere kollagenfibrillar som er nesten totalt rensa for hydroksyapatitt. Då det meste av det peritubulære dentinet er nesten komplett oppløyst, vil dentintubuli stå opne som tunnellingangar. Dei eksponerte kollagenfibrillane fungerer som mikroretentive nettverk for mikromekanisk låsning med resinet i adhesiven. Når ein tørkar syreetsa dentin vil dette kollagennettverket kollapse og krympe, og dermed gjere resininfiltrasjonen usikker.

Etter kondisjoneringssteget blir adhesjonsfremjande monomerar applisert i eitt eller to steg. Primingsteget i trestegsadhesivane skal sørge for tilstrekkeleg fukting av kollagenfibrillane og fjerne gjenverande vatn. På den måten førebu dentinet for adhesiv resininfiltrasjon. Ei primeroppløysing er ei blanding av spesifikke monomerar med hydrofile eigenskapar. HEMA er ein viktig monomer som veldig ofte er ein del av desse primerane. Den har låg molekylvekt og er hydrofil av natur, og på den måten bidreg den til resininfiltrasjon inn i-, og reekspansjon av kollagennettverket samt forbetring av bondingstyrken til adhesiven.

Den adhesive resinen er ei løysingsfri, fylt eller ikkje-fylt med fillerpartiklar blanding som inneheld hovudsakleg hydrofobe monomerar. Hovudfunksjonen desse monomerane har er å fylle opp dei interfibrillære romma mellom kollagenfibrillane. Ved lysharding og polymerisering vil det bli danna eit hybridlag og resin tags vert danna, som gir mikromekanisk retensjon. I tostegs sjølvetsande adhesivar er priming og adhesiv bonding forenkla sagt blanda saman til ei løysing som skal utgjere begge funksjonane.

Verken tjukkkleiken på hybridlaget eller lengda på resin tags ser ut til å vere avgjerande for bondingstyrken. Sann mekanisk adhesjon mellom kollagenet og metakrylatmonomerane er usannsynleg, pga. det ibuande opphavet til kollagenfibrillane og den låge affiniteten monomerane har til kollagen som er demineralisert.

Så langt har in vivo- og in vitroforskning peikt ut at ets- og skyljeadhesivar kan oppnå høg kvalitetsadhesjon til både emalje og dentin. I in vitro- og kliniske studiar er trestegsadhesivane overlegne tostegsadhesivane; den siste er også assosiert med mykje meir teknikksensitivitet enn trestegsadhesiven. Etter aldringsprosedyrer i longitudinelle studiar viser det seg at trestegsadhesiven kjem betre ut enn tostegsadhesiven. Men i eit klinisk forsøk som gjekk over to år, utført av gallo JR et al., kom det fram at tostegs-, og trestegsadhesivar skora like bra (7). Det er ikkje heilt eintydige svar i denne saka, men mange vil nok sverge til trestegsadhesivane som ein gullstandard.

Teknikksensitiviteten er hovedulempa for ets- og skyljeadhesivane. Dei fleste vanskane er realtert til ets- og skyljefasen. Først og fremst ligg teknikksensitiviteten i at kollagenfibrillane kan kollapse, noko som gjer at monomerane ikkje kan infiltrere så godt. Etsa dentin fjernar mineralfasen komplett og etterlet seg kollagenfibrillar ståande i vatn. Etsa emalje bør vere tørr etter etsing for å kunne gi god bonding, mens dentin bør ha ei viss mengd med vatn for at kollagenfibrillane ikkje skal krympe. For å kunne takle dette problemet er det to framgangsmåtar å velje mellom, avhengig av primeren på adhesivsystemet.

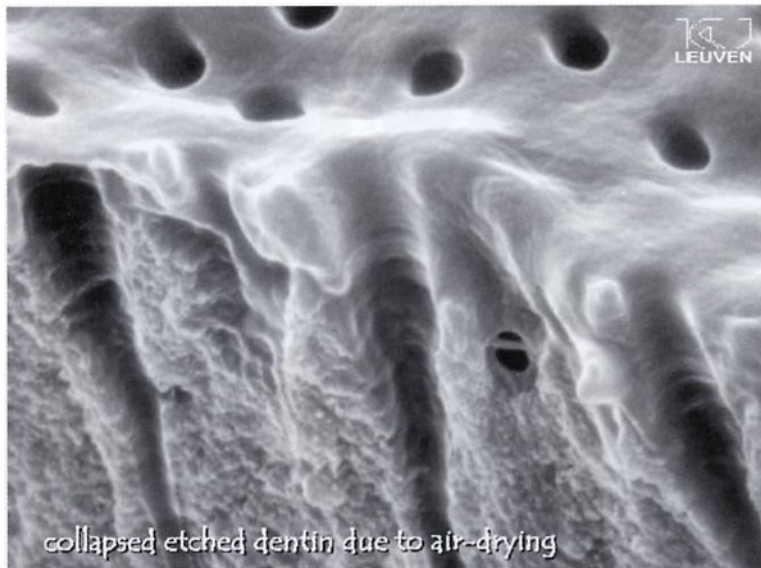


fig.13. Fosforsyreetsa dentin sett lateralt frå. Biletet er teke med SEM. Det eksponerte kollagennettverket er sårbar for krymping og har på dette biletet kollapsa etter lufttørrking. Legg merke til at ingen kollagenfibrillar står igjen og at dermed resininfiltrasjon vil bli hindra. (6)

Den første framgangsmåten, kjent som “tørrbonding”teknikk går ut på å tørrblåse dentinet etter etsing og applisere ein vassbasert primer med evne til å reekspandere det kollapsa kollagenet. Ein alternativ framgangsmåte er å la dentinet vere fuktig og på den måten unngå kollaps av kollagennettverket og bruke ein acetonbasert primer, kjent for sin vassavstøytande effekt. Denne teknikken er mest kjent som “våtbonding” og vart introdusert av Kanca, og av Gwinnett et al. på 90-talet. Men å bestemme kor vått dentinet skal vere for å sikre komplett fjerning av vatnet med acetonbasert primer er komplisert. Problem som har oppstått frå for mykje vatn, har blitt beskrive av Tay og har blitt kalla “overfuktingsfenomenet”. Sidan “tørrbondingteknikken” er mykje mindre teknikksensitiv enn “våtbondingteknikken”, burde denne vere standard ved val av bonding.

Sjølv når ein forhindrar kollaps, eller når ein reekspanderer etter tørking kan det forekomme ukomplett resininfiltrasjon av kollagenet. Spesielt overetsing med djup demineralisering kan føre til

resinimpregnering og porøse soner i hybridlaget som ikkje er optimale. På lang sikt kan dette svekke livslengda til bondinga. Nanolekkasjefenomenet består i hovudsak av submikrometerstore sprekker i hybridlaget som blir fylt opp av farga sølv”tracers” for å bli kartlagt i mikroskop. Desse lekkasjane vert sett på som manifestasjonar på ufullstendig resininfiltrasjon og ein diskrepans mellom demineralisasjonsdjupna og resininfiltrasjonsdjupna. Ei alternativ forklaring på nanolekkasjefenomenet er dårleg adaptasjon og innpakking av resinar til kollagenfibrillane, som gjenlet mikroskopiske hol.

Denne klassa adhesivar er også sensitive til fuktigheit og forureining, noko som gjer bruken av kofferdam uunnværlig i pasientbehandling. Spesielt adhesivar som inneheld HEMA er blitt rapportert å vere influert av vatn.

I samandrag kan ein seie at trestegs ets- og skyljeadhesivane vert rekna som gullstandarden.

Sjølvsande adhesivar

Sjølvs om “sjølv-ets”-prinsippet ikkje er nytt, har det nyleg gått gjennom ei grundig undersøking. Dei første sjølvsande adhesivane vart laga ved å auke antal sure monomerar i HEMA-vassbaserte adhesivar. Sure monomerar kondisjonere og primar emalje og dentin i same seanse. Som eit resultat av dette blir ikkje smear layerrensa vekk, men blir løyst opp og blir ein integrert del av hybridlaget.

Sjølvsande adhesivar kan bli inndelt etter appliseringsprinsippa, deira surleik og aggressivitet. På same måte som ets- og skyljeadhesivar, har ein tostegs og ein forenkla einstegs variant av sjølvsande adhesivar. Tidlege system bestod av ein sur primer, og ein resin adhesiv. Nyare versjonar (“all-in-one” adhesivar) har kome der ein kombinerer etsing, priming og kondisjonering i ein væskefase.

Den morfologiske strukturen av hybridlaget som vert danna av sjølvsande adhesivar varierer veldig avhengig av graden av aggressivitet til dei funksjonelle monomerane. Ut ifrå dette kan ein dele desse adhesivane inn i tre klasser; svak ($\text{pH} > 2$); mellomsterk ($\text{pH} \approx 1,5$); og sterk sjølvsande adhesiv ($\text{pH} < 1$). Svake sjølvsande adhesivar demineraliserer dentin veldig grunt og dei etterlet hydroksyapatittkrystallar rundt kollagenfibrillane noko som kan mogleggjere kjemisk interaksjon. Vanlegvis er ikkje smear plugs fullstendig fjerna frå dentintubuli. Resultatet av dette blir at grunne hybridlag vert danna. TEM-bileta av hybridlaget av sterke sjølvsande adhesivar minner mykje om ets- og skyljeadhesivane sitt hybridlag. Det er tjukt og har fullstendig oppløyst hydroksyapatittane, og har resin tags. Dei sterke mellomsterke adhesivane har eit hybridlag som ligg omlag midt imellom den sterke- og den svake sitt hybridlag. Dagens sjølvsande adhesivar har vist seg å vere sure nok til å penetrere forbi smear layer, sjølvs utan ekstra “massering” og innanfor klinisk relevante tider.

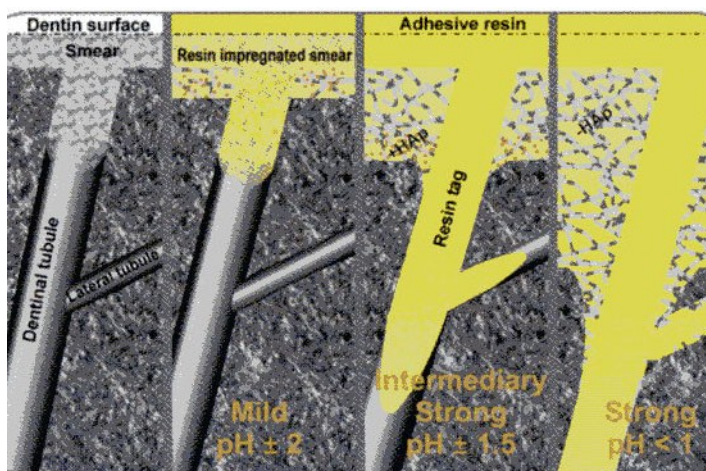


Fig.14 Ein skjematisk oversikt over ulike sjølvetsande dentinadhesivar si evne til å trengje inn identintubuli avhengig av surleiken til syra i adhesiven. Til venstre kan ein sjå ubehandla dentin som er dekt med smear layer. I stigande rekkjefølgje mot høgre har ein frå svak til sterk sjølvetsande adhesiv. (6)

Trass i det tynne hybridlaget og fråveret av resin tags kan svake sjølvetsande adhesivar oppnå tilfredsstillande resultat når det gjeld bondingstyrke. Saman med funna av at tjukkleiken på hybridlaget og mangelen på resin tags ikkje påverkar bondingstyrken er det plausibelt å tenkje seg at det kan ha blitt danna ein kjemisk interaksjon mellom bondingen og hydroksyapatittkrystallane. Karboksyl- og fosfatgruppene som er festa til monomerane hydrofilt, og funksjonane deira som protondonorar har vist seg å danne ioniske bindingar med kalsium i hydroksyapatitten. Evna til å binde ionisk er monomerspesifikk og er avhengig av den hydrolytiske stabiliteten til kalsium-monomerbindinga. Den hydrolytiske stabiliteten til monomeren i seg sjølv er også viktig , spesielt i forhold til bondingen si varigheit. Mens mikromekanisk retensjon gir motstand mot “akutt” de-bonding stress, er den ekstra kjemiske bindinga med på å forbetre det langvarige resultatet trur ein. Det har vist seg at det å legge fleire lag med adhesivar gjer bondinga sterkare og gir mindre mikrolekkasje (8).

Samansetnaden av sjølvetsande adhesivar er heilt unik då dei inneheld store mengder av både vatn og sure monomerar. Vatn er ein uunnværlig ingredient i sjølvetsande system som bidreg i eit ioniserande medium for dei funksjonelle monomerane. To-stegs sjølvetsande adhesivar inneheld ein vasshaldig primeroppløysing og ein separat hydrofob adhesivresin. Liknande som den kombinerte primer/adhesiv resinoppløysinga som ein har i tostegs ets- og skyljeadhesivane, er eitstegs sjølvetsande adhesivar komplekse miksturar av både hydrofile og hydrofobe komponentar. Spesielt den høge konsentrasjonen av vatn har ein stilt spørsmål ved med tanke på den potensielt skadelege verknaden på polymerisasjonen, gitt at det er urealistisk å fjerne alt vatnet.

Mens bonding til emalje fortsatt er eit problem, spesielt for svake sjølvetsande adhesivar, har

bonding til dentin oppnådd rimelege resultat. Nokre tostegs sjølvetsande adhesivar har hatt dokumenterte gode bondingresultat in vitro, og har kome opp imot ets- og skyljeadhesivar i bondingstyrke. Seinare studiar har også rapportert gode kliniske resultat for nokre sjølvetsande adhesivar.

Den store variasjonen mellom prestasjonar av ulike sjølvetsande adhesivar kan til ein viss grad tilskrивast dei ulike typane funksjonelle monomerane med ulike eigenskapar når det gjeld surleik, hydrolytisk stabilitet og kjemisk bindingskapasitet.

Det er blitt påpeika mange fordelar ved bruk av sjølvetsande adhesivar samanlikna med ets- og skyljeadhesivar. Ein meiner at dei er tidssparande då ein slepp å skylje etter syreetsing slik ein må i ets- og skyljeadhesivar. Etsing, skyljing og tørking, som kan vere kritiske og vanskelege å standardisere i kliniske situasjonar er eliminerte i sjølvetsande adhesivar. Kollagenkollaps blir hindra ved at monomerar infiltrerer mens dei demineraliserer.

Nyare nanolekkasjeobservasjonar i hybridlaget, og spesielt under hybridlaget viser resultat som set spørjeteikn om sjølvetsande adhesivar verkeleg har fullstendig resininfiltrasjon. Då smear layer og smear plugs ikkje blir fullstendig fjerna før bondingprosedyra, vil gjenfukting av dentin frå dentinkanalan bli hindra og potensielt postoperativ sensitivitet er blitt rapportert å vere redusert.

Eitstegs sjølvetsande adhesivar er utan tvil dei mest brukarvennlege adhesivane på marknaden, men dei har også blitt assosiert med betydelege begrensingar. Den relativt låge bondingstyrken er ei hovudbekymring. Samanlikna med fleirestegs ets- og skyljeadhesivar presterer eitstegs sjølvetsande adhesivar konsekvent lågare bondingstyrke. I samband med den sterke hydrofile eigenskapen til eitstegs sjølvetsande adhesivar har det vist seg at dei fungerer som permeable membranar, som let vatn flyte gjennom adhesivlaget. Netttaktige former, såkalla vasstre kan bli funnen mellom adhesivlaga i eitstegs sjølvetsande adhesivar og blir sett på som ufullstendig fjerning av vatn og ufullstendig polymerisering av resinar. Relevansen av desse vasstrea er foreløpig uklar, men sidan dei fungerer som vassreservoar kan det tenkjast at dei er med på å akselerere nedbrytingsprosessen av resinbindingane til tanna.

Forklaringa på desse observasjonane ligg i den komplekse samansetnaden av hydrofobe og hydrofile komponentar, oppløys i ei organisk løysing (vanlegvis aceton eller alkohol). Gradvis fukting av løysing slår av faseseparasjonreaksjonen, der ein antek at vatn skil lag med dei adhesive ingrediensane. HEMA spelar ei viktig rolle i denne prosessen, sidan denne monomeren fungerer som ein fuktande komponent med sin hydrofile karakter og kan hindre vatn å separere seg frå andre adhesivkomponentar. Det er opplagt at innblanding av vatn kan bidra til bondingnedbryting, men å ha vedvarande vatn i adhesivlaget kan også påverke bondingstyrken på ein negativ måte.

Liste over dentale adhesivar kategorisert etter klassifikasjonar.

Merkenamn	Produsent
Trestegs ets- og skyljeadhesivar	
All-Bond 2	Bisco (Schaumburg, Illinois)
Clearfil Liner Bond	Kuraray (Kurashiki, Japan)
Denthesive	Heraeus-Kulzer (Wehrheim, Tyskland)
EBS	ESPE (no 3 M ESPE; Seefeld, Tyskland)
Gluma CPS	Bayer (no Heraeus-Kulzer; Leverkusen, Tyskland)
Optibond DC	Kerr (Orange, Calif.)
Permagen	Ultradent (Salt Lake City, Utah)
Permaquik	Ultradent
Scotchbond Multi-Purpose	3 M (no 3 M ESPE; St. Paul, Minn.)
Tostegs ets- og skyljeadhesivar	
C36 Prime&Bond NT	Dentsply-Detrey (Konstanz, Tyskland)
Excite	Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
Gluma 2000	Bayer (no Heraeus-Kulzer; Leverkusen, Tyskland)
One-Coat Bond	Coltène Whaledent (Alstätten, Sveits)
One-Step	Bisco (Schaumburg, Illinois)
Optibond Solo Plus	Kerr (Orange, California)
Prime&Bond 2.0	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
Prime&Bond 2.1	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
Prime&Bond NT	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
Scotchbond 1 (Single Bond)	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
Scotchbond M	Voco (Cuxhaven, Tyskland)
Stae	Southern Dental Industries (Victoria, Australia)
Syntac Single-Component	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
Tostegs sjølvetsande adhesivar	
AdheSE	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
ART Bond	Coltène Whaledent (Alstätten, Sveits)
Claerafil Liner Bond 2	Kuraray (Osaka, Japan)
Clearafil SE	Kuraray (Osaka, Japan)
Denthesive 2	Heraeus-Kulzer (Wehrheim, Tyskland)
NRCnPrime&Bond NT	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
One Coat SE Bond	Coltène Whaledent (Alstätten, Sveits)
Perme Bond F	Degussa (Hanau, Tyskland)
Prisma Universal Bond 3	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
Pro Bond	Dentsply-detrey (Konstanz, Tyskland)
Protect Bond	Kuraray (Osaka, Japan)
Solobond Plus	Voco (Cuxhaven, Tyskland)
Syntac	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
Tokuso Mac Bond II	MAC (Tokyama, Japan)
Tyrean	Bisco (Schaumburg, Illinois)
Unifil Bond	GC (Tokyo, Japan)

Einstegs sjølvetsande adhesivar	
Admira Bond	Voco (Cuxhaven, Tyskland)
Adper Prompt	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
AQ Bond	Sun Medical (Shiga, Japan)
Etch&Prime 3.0	Degussa (Hanau, Tyskland)
Sustel/F2000 primer-adhesive	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
Futurabond	Voco (Cuxhaven, Tyskland)
Hytac OSB	ESPE (Seefeld, Tyskland)
iBond	Heraeus-Kulzer (Wehrheim, Tyskland)
One-Up Bond F	Tokuyama (Tokyo, Japan)
Prime&Bond 2.1(uten ets)	Dentsply-Detrey (konstanz, Tyskland)
Prime&Bond NT(uten ets)	Dentsply-Detrey (konstanz, Tyskland)
Prompt-L-Pop	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
Prompt-L-Pop(LP2)	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
PSA	Dentsply-Detrey (konstanz, Tyskland)
Reactmer Bond	Shofu (Kyoto, japan)
Xeno III	Dentsply-Detrey (konstanz, Tyskland)
Glasionomerar	
Exp. Vitremer (Primer)	3 M ESPE (Seefeld, Tyskland)
Fuji Cap II	GC (Tokyo, Japan)
Fuji II LC (GC Dentin Conditioner)	GC (Tokyo, Japan)
Fuji Bond LC (GC Cavity Conditioner)	GC (Tokyo, Japan)
Fuji Bond LL	GC (Tokyo, Japan)
HIFI Master Palette (HI Tooth cleanser)	Shofu (Kyoto, japan)
Ketac-fil (Ketac conditioner)	ESPE (no 3 M ESPE; Seefeld, Tyskland)
Photac-fil (Ketac conditioner)	ESPE (no 3 M ESPE; Seefeld, Tyskland)
Vitremer (Vitremer primer)	3 M ESPE (München, Tyskland)

Liste 1 Ein oversikt over eksisterande bondinprodukt på markanaden.(6)

Glasionomertilnærminga

Ei tredje tilnærming til bondingprinsippet er basert på glasionomerteknologien og denne sin auto-adhesive kapasitet. Glasionomerane er dei einaste ekte sjølvadherande materiala då dei kan feste seg til både emalje og dentin med spesifikke glasionomerinteraksjonar. Ulike former for glasionomer er ute på marknaden for tida; glasionomer restaureringsmateriale, sementar og adhesivar. Medan glasionomersementar gir adhesjon til indirekte restaureringar, kan glasionomeradhesivar brukast til å bonde komposittrestaureringar direkte.

Glasionomerar har ein spesiell samansetnad av polyakrylsyrer, alkenoide kopolymerar, syrebehandla glaspartiklar og vatn. Når resinkomponentar er lagt til glasionomer vert det kalla resinmodifisert glasionomer. Adhesjonsmekanismen til tannvevet er hovudsakleg forårsaka av glasionomerkomponentane og inneber både mikromekanisk hybridisering og kjemisk reaksjon. I

tilfelle med glasionomeradhesivane, bidreg resinane til god binding til kompositten.

Når det gjeld bondingmekanismar kan dei bli rekna som ei spesiell gruppe av sjølvetsande adhesivar basert på glasionomerteknologi. På lik linje med sjølvetsande adhesivar, er eigenskapane todelte og er avhengig av både begrensa demineralisering av emalje og dentin med tilhøyrande infiltrasjon og mekanisk låsing, og kjemisk adhesjon mellom kalsium i hydroksyapatitt og polyalkenoidsyre. Demineralisasjonsreaksjonen vert starta av polyalkenoidsyra som har ei høg molekylvekt. Dette sure molekylet eksponerer eit mikroporøst kollagennettverk ved å selektivt løyse opp hydroksyapatittkrystallar. Under same seanse vert det danna ioniske binndingar mellom karboksylgrupper frå polyalkenoidsyra og kalsiumet frå dei gjenverande hydroksyapatittkrystallane. Desse bindingane har vist seg å vere relativt stabile og motstandsdyktige mot ultrasonisk rensing. Mikromorfologisk ser ein at det har blitt danna eit grunt hybridlag på mellom 0,5-1 µm.

Eit kondisjoneringssteg med svak polyalkenoidsyre forbetrar bondingstyrken signifikant. Den fordelaktige effekten grunnar i tre forhold: a) Fjerning av smear layer av polyalkenoidsyra, b) ein grunn demineralisering av tannvev, og c) ein kjemisk interaksjon mellom polyalkenoidsyra og gjenverande hydroksyapatitt.

Klinisk sett er den gode adhesjonen til glasionomer og resinmodifisert glasionomer forbausande. Veldig høg retensjonsmålingar på meir enn 90% har vore registrert for periodar på opp til 5 år i ikkje-kariøse cervikale lesjonar. Ein nyare studie viser at glasionomeradhesivar overstig med glans retensjonsstyrken til andre adhesivar. Andre fordelar med glasionomerar er deira biokompatibilitet og fluorutslepp. Den viktigaste svakheita med glasionomerrestaureringar er deira svake estetiske kvalitet samanlikna med komposittar. Denne ulempa kan ein derimot unngå ved å bruke glasionomer adhesivar og kompositt restaurering.

Bonding med sementar

Når ei tann frakturerar eller blir utsett for eit kariesangrep, kan det vere nødvendig med protetiske erstatningar for å gjenoppnå tanna sin tidlegare funksjon og estetikk. Sementen som brukast til å feste dei protetiske erstatningane må ha biologiske, mekaniske og estetiske gode eigenskapar for å oppnå dette målet. Ein må oppnå ei tett forsegling mot gjenståande tannsubstans som forseglar dentintubuli og dermed beskyttar pulpa. Samtidig må sementen motstå dei mekaniske kreftene som protesen vert utsett for i munnhola. Sementen må også oppfylle estetiske krav.

Frå før har dei dentale sementane mest handla om dei mekaniske eigenskapane, og retensjonen vert skapt kun ved å fylle rommet mellom tannsubstans og restaurering. Retensjonen i desse sementane er fundamentert på mikroretensjon i preparert tann og tannrestaurering, samt parallellisering av motståande sider av prepareringa. ”Trappetrinn”, ”kasser”, ”furer” etc. kan auke retensjonen og belastningsmotstand frå okklusalt trykk. Konvensjonelle sementar beskyttar tannsubstansen kun ved å begrense væskeinntrenginga mellom tann og restaurering. Minimal preparering er ønska, men for å få tilstrekkeleg retensjon må ein nokre gongar fjerne meir dentin for å få plass til protetiske erstatningar. Bruk av sementar med adhesive eigenskapar kan i mange tilfelle hjelpe operatøren med desse problema. Ein kan bonde restaureringa til tannsubstans, og dermed få ei meir substanssparinge preparering. Med desse sementane kan biomekanisk bevaring av frisk tannsubstans gjerast mogleg. Ikkje berre retensjon, men også varig forsegling av preparert dentin kan forberast ved bruk av adhesive sementar. Biologisk skal adhesive sementar vere ikkje-irriterande i forhold til både dentin-pulpa-komplekset og dei kringliggande vev. Dei forseglar også tann og restaurering og motverkar dermed mikrolekkasje og inntrenging av mikroorganismar. Adhesive sementar opnar for eit nytt område innan odontologien, der bruk av keramiske- og resin-komposite restaureringsmaterial i kombinasjon med nye adhesivar gjer det mogleg å få resultat med betre optiske og estetiske eigenskapar.

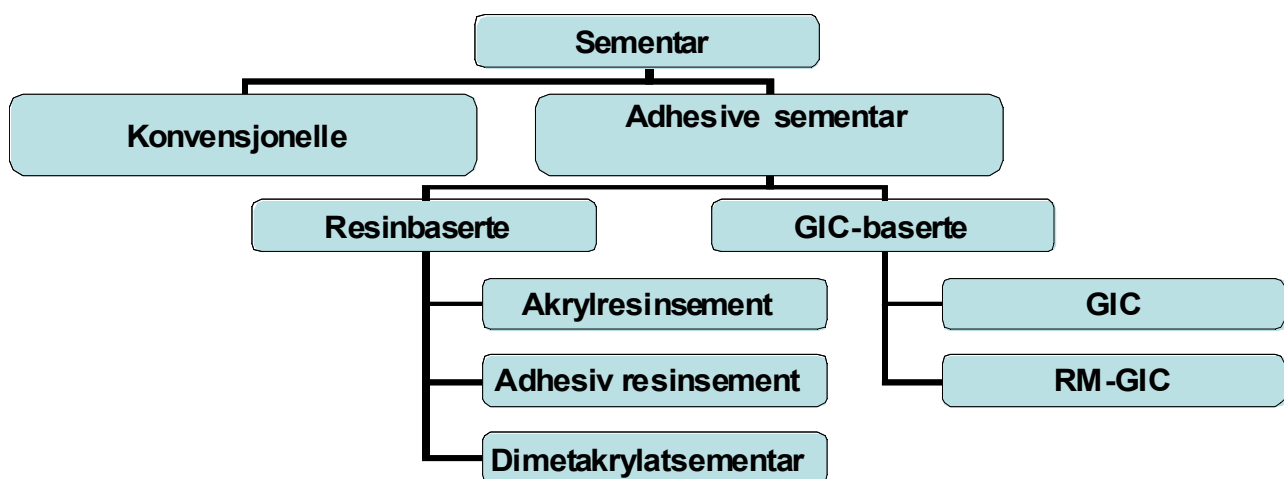


Fig.15 Vi har valt å sjå nærare på nokre adhesive sementar slik dei er inndelte i denne figuren.

Adhesive sementar

Mesteparten av materiala i denne gruppa er polymetakrylatar av to typar;

1. Material basert på metyl-metakrylat
2. Material basert på aromatiske metakrylat av bis-GMA-typen

Akrylresinsement

Pulveret i desse materiala er fint oppdelt metylmetakrylatpolymer eller kopolymer som inneheld benzoylperoksid som initiativ. Dei kan vere fylte med mineralar av pigment. Væska er metylmetakrylatmonomer som inneheld en aminoakselerator.

Monomeren løysast opp og mjuknar polymerpartiklane, og tilsaman polymeriserer dei gjennom aktivering av frie radikalar frå peroksid-amin interaksjonen. Komposisjonen består av den nye polymermatrisa som foreinar dei uoppløyste men oppsvulma originale polymergranula.

Eigenskapane til desse materiala kan samanliknast med resinkomposittmaterial. Dei er sterkare og mindre oppløyslege enn andre typar sement, men er lite rigide. Dei har ingen effektive bindingar til tannstruktur ved fuktig miljø, så dei kan utvikle marginal lekkasje.

Fordelen med desse materiala inkluderar høg styrke og strekkfastheit, og låg oppløyslegheit.

Ulempene inkluderer kort arbeidstid, skadar på pulpa, og vanskar med å fjerne overskudd.

Adhesiv resinsement

Adhesive akrylmaterial har blitt danna ved tillegg av ein adhesjons-promoter 4meta, til metyl-metakrylat-monomerar, i tillegg til ein polymerisasjonsmediator, tributylboron, som ein trur bidreg til kjemisk binding til dentin. Slike material har blitt utvikla som sementar for krone og bru-protetikk. Spesielt for MK restaureringar, og for amalgambinding til dentin og komposittar.

In vitro testar har vist høg bondingstyrke til oksidert eller etsa overflate. Sidan desse materiala har lågt partikkelinnhald er dei fysiske eigenskapane typisk for akrylresinar, det vil seie moderat styrke med høg deformasjon under belastning. Sjølv om materiala blir mykje brukt for sentering av bruarbeid er det lite kliniske data på langsiktig suksess. Sementane seiast å vere teknikksensitive.

Dimetakrylat-sementar.

Desse sementane er vanlegvis basert på bis-GMA systemet: Dei er kombisjonar av aromatisk dimetakrylat med andre monomerar som inneheld ulike mengder med keramikkpartiklar. Dei er i utgangspunktet ganske like kompositt-restaureringsmaterial.

Desse sementane er klassifisert i forhold til herdemetodane:

1. Kjemisk herding: desse er vanlegvis pasta-pasta system og er brukt til å sementere metall- og opake kjeramikk-skjelett (t.d. procera, in-ceram)
2. Dualherdande: desse sementane startar herding med lys og fortsett med kjemisk herding. Den kjemiske herdinga vil polymerisere sterkare enn lys åleine. Desse er brukt til å sementere translusente restaureringar (t.d. porselen, indirekte plastfylling).
3. Lysherdande/dualherdande: desse kan bli brukt til lysherdning åleine eller dualherding når dualherdande katalysator blir lagt til den lysherdande basisen. Desse produkta blir brukt til både lysherdande applikasjonar (t.d. tynne porselensfasettar) og dualherdande applikasjonar.

I pulver-væskemateriala er pulveret beståande av finkorna boro-silikat eller silikatglass saman med fint polymerpulver og ein organisk peroksyd-initiator. Væska er ein mikstur av bis-GMA, og/eller andre dimetakrylat monomerar som inneheld ein amin-promoter for polymerisasjon. Nokre material inneheld monomerar som inneheld meir potensielt adhesive grupper, slik som fosfat eller karboxyl, noko liknande dentinbondingmateriala. To-pasta-materiala har jamt over same innhald men med monomerane og partiklane kombinert i to pastaar. I lysherdande og dualherdande material finst lyssensitive polymerisasjonssystem, lik diketones og amin-promotorar.

På same måte som resin-kompositt-restaureringsmaterial, er monomerovergangen ukomplett. Sjølv under optimale herdeforhold. For lys-og dualherdande material er maksimalt med lyseksponering

ynskjeleg.

Sidan polymerisasjonssystema varierar og partikkelinnhaldet varierar frå 20-80% mellom dei ulike produkta vil dei fysiske eigenskapane variere stort. Kompresjonsstyrke har blitt rapportert å variere mellom 100 og 200 MPa, og diamteral tensjonsstyrke frå 20-50 megapascal med tilsvarande skilnadar i mikrohårheit. Desse verdiane er betydeleg høgare enn ved tradisjonelle sementar, og derfor kan ein ved godt tilpassa kroner oppnå høge verdier for retensjonen. Optimal ytelse er veldig avhengig av filmtjukkheit på sementen. Mange resinsementar viser seg å ha for stor filmtjukkheit. Bortsett frå materialfeil og teknikkfeil under sentering har studiar vist at resinsement-bindingar mest truleg vil feile gjennom syklisk utmatnings-stress. Nokre studiar av etsa metallrestaureringar sementert med kjemisk herdande sementar har indisert ein gjennomsnittleg levealder på ca. åtte år.

Fordelar med desse sementane inkluderer høg styrke; låg oral oppløysleheit; og høg mikromekanisk binding, (og kanskje kjemisk), til preparert emalje, dentin, alloy og kjeramiske overflater.

Ulemper inkluderar behovet for samvitsfull og kritisk teknikk, vanskelegare forsegling og større filmtjukkheit enn tradisjonelle sementar, mogleg lekkasje og pulpal sensitivitet, og vanskar med fjerning av overskottssement.

Glasionomersementar

Desse materiala vart forma første gong på 1970-talet ved å føre saman silikat og polyakrylsystema. Bruken av syrer i aktivt glaspulver saman med polyakrylsyreoppløysing fører til ein translusent, sterkare sement som kan bli brukt til restaureringsmaterial.

Pulveret i desse materiala er finkorna kalsiumaluminiumfluorsilikatglas med ein partikkelstorleik på rundt 40nm for fyllingsmateriala og mindre enn 25 nm for sementane. Eit merke (Zinomer liner, DenMat) inneheld også sinkoksyd. Sølvpulver er blanda med glas i Ketac silver (3M/ESPE) for betre fysiske eigenskapar. Væska er 50% vassløysing av polyakrylitakonsyre eller anna polykarboksylsyrekopolymer som inneheld 5% tartarsyre (vinsyre). Nokre andre material inneheld 10-20% sølv, sølvalloy eller rustfritt stål. I nokre material er den faste kopolymeren tilsett pulveret, og løysinga inneheld tartarsyre; i andre kan alle ingrediensane vere i pulveret og væska er vatn.

Under blanding reagerer tartarsyre med glas og kalsium- og aluminiumionar blir vaska vekk frå overflata slik at polysyremolekyla samanbunden til ein gel. Tartarsyra fører til auke i arbeidstid og gir ei god stivning ved å danne metallionekompleks. Skilnader i komposisjonen mellom ulike merker kan berøre hardleiksgraden og eigenskapane. Nyare forskning foreslår at polysilikatmatrise også vert danna i polygelen over tid.

Sementmaterialet har ei stivningstid på 6-9 minutt. Foringsmaterialet stivnar etter 4-5 minutt,

og restaureringsmateriala tivnar på 3-4minutt.

Material som er lysherda stivnar på ca. 30 sekund når dei blir eksponert for ei synleg lyskjelde. Syrebasereaksjonen held fram sakte og eigenskapane vert endra over tid. Filmtjukklegeiken er mellom 25 og 35 nm noko som er akseptabelt for metallskjelett.

For "luting cements" aukar styrken over 24 timar frå 90-140 MPa, med skilnad frå merke til merke. Tensjonsstyrken aukar frå 6-8 MPa. Elastisitetsmodulen er rundt 7 GPa. Foringsmateriala har same trykkstyrke og tensjonsstyrke som lysherda material (mellom 140-180 MPa i trykk og 12-15 MPa i tensjon). Dei lysherda restaureringsmateriala kan ha styrke opp til 200 MPa i trykk og 20 MPa i strekk. Nokre material som inneheld sølv er i dette området og til og med høgare styrke er blitt oppnådd av nokre material.

Generelt sett ser ein at eigenskapane hos lysherda material er avhengig av djupna på lysherdinga.

Løselegheita av sementane i vatn er rundt 1%. Dette er høgare i mjølkesyre. Motstand mot oppløysing og disintegrasjon er auka med fernissbeskytting for konvensjonelle sementar.

Ein har observert erosjon på restaureringar der ein har brukt konvensjonell sement med behandling av syrefosfatfluoridbeskyttande løysing så desse løysingane er kontraindisert.

Nokre studiar viser at lysherda glasionomermaterial fortset å absorbere vatn over fleire månader med oppsvulming, redusert styrke og stivheit. Den kliniske signifikansen av dette er ikkje klar.

Glasionomersementar oppnår bonding til emalje, dentin og alloys på ein måte som er lik sinkpolykarboksylatar. *In vitro* og *in vivo* er adhesjonen variabel og påverka av overflateforhold. Variabel marginal lekkasje er blitt observert. Binding til dentin for konvensjonelle GIC er ikkje betra med forbehandling av polyakrylsyreløysingar, mens lysherda material er avhengig av dentinprimer. Fordelar med glasionomersement inkluderer:

1. Enkel blanding
2. Høg styrke og stivheit
3. Fluoridutsiving
4. God motstand mot syreoppløysing
5. Mogleg adhesjon til dentinet
6. translusens

Ulemper inkluderer:

1. Treig stivningstid
2. Sensitiv mot fukt
3. Variabel adhesjonsprestasjon

4. Radiolusens

5. Mogleg pulpal sensitivitet



Fig.16 "Stiodent", ein russisk glasionomersement som er meint å fylle rotkanalar. (16)

Resinmodifisert glasionomersement

Desse sementane vert nokre gongar også kalla hybridionomerar og har mange bruksområder: Kavitetsforing, fyllingsunderlag, konusforing og sementar. Ein hybridionomer kan bli brukt for permanent sementering av kroner, ortodontisk aparatur og konusoppbyggingar.

I hybridionomerar, har syrebasereaksjonen i glasionomersementar blitt modifisert av vassløselege polymerar og polymeriserbare monomerar. Bruken av kopolymerar av akrylsyre og metakrylatmonomerar i væska fører til at materiala gjennomgår ein syre-basereaksjon under stivning og kan også bli lysherda via metakrylatgruppene.

Klassifiseringa av desse materiala som glasionomersementar, er kontroversiell. Nokre lysherdande glasionomersementar blir brukt saman med ein dentinprimer på same måte som dentinbonding til resin-komposittsystem, og derfor er avhengig av overflateinfiltrasjon for binding i tillegg til kjemisk interaksjon. Resinmodifiserte glassionomerar er tilgjengelege i handblanda, og ferdigfylte kapslar. Resinmonomerane i væska, avhengig av produktet, inneheld bisGMA, hydroxetylmetakrylat, og metakrylatmodifisert polyakrylat saman med fotoinitiatorar.

Når det gjeld resinmodifiserte glasionomersementar versus glasionomersementar er dei ganske lik i styrke, men er avhengig av merkenamn. Der er ein stor skilnad i fleksibilitet, der hybridionomerane er dobbelt så fleksible, noko som er indisert av lågare elastisitets modulus. Også mange av hybridionomerane ekspanderar truleg grunna absorpsjon av vatn, noko som er meir enn for resinsementar. Derfor er ikkje hybridionomerane anbefalt for å sementere heilkjeramiske kroner, grunna at ein vil unngå ekspansjon og kronefraktur.

Fordelar inkluderar:

1. Dualherding
2. Fluorutslepp
3. Høgare fleksibilitetsstyrke enn i glassionomersementar
4. Mindre teknikk sensitivt
5. Mogleg å bonde til komposittmaterial

Eit problem er ein mogleg ekspansjon som kan føre til fraktur av heilkjeramiske kroner.(15)

Styrke og evna til å løyse seg opp

Styrke og evne til å løyse seg opp over tid er viktige parameter for ei restaurering som er sementert med resinsement. Dei konvensjonelle sinkfosfatsementane kan løysast i saliva. Derfor er ei lita sementspalte å føretrekke for desse materiala. Resinsementane er vanskelege å løyse for saliva. Derfor treng ikkje restaureringa være så nøyaktig i passforma som ved bruk av konvensjonelle sementar. Dersom sementspalten kjem okklusalt, kan det vere nødvendig med sement beståande av fillerpartiklar for å motstå slitasje.

Stabilitet og styrke

Alle dentale sementar gjennomgår dimensjonsendringar under og etter sementering. Under sementering kan mindre avstand mellom molekyla føre til krymping. Seinare kan eksponering til saliva og mikroorganismar føre til svelling. Elastisitetsmodulus er og av interesse, særleg for skjøre porselensrestaureringar. Keramiske restaureringar treng ein stiv sement for god støtte, altså sementar med høg elastisitetsmodulus. "Ufylte" sementar har ein låg elastisitetsmodulus og er meir fleksible, og kan ta av betre for tyggetrykk. Van Dijken gjorde ein femårs studie av 79 IPS Empress keramiske inlays sementert med ein komposittsement (Panavia 21) eller ein resinmodifisert glassionomersement (Fuji plus). Resultata han fekk var at desse to sementane presterte like bra over denne perioden på fem år. (13). I ein annan studie som strakk seg over ti år, vart Cerec keramiske inlays sementert i molarar inndelt i to grupper der den eine vart sementert med ein dualherdande komposittsement, og den andre vart sementert med ein kjemisk herdande komposittsement. Resultata dei fekk etter 10 år var at overlevelseraten var på 77% av inlays som var sementert med dualherdande sement, og 100% av inlays sementert med kjemisk herdande sement. (14).



Fig.17 Her ser vi ein resinmodifisert glasionomersement frå GC America som visst nok skal vere den første i sitt slag som kjem i ferdig pasta. (17)

Bonding til tannstruktur

Ved å tilføre ufylte bondingresinar til etsa emalje, kan resin bli dratt med kapillærkrafta inn i mikroporøsitetane og danne ei resin-emaljebinding. Denne type binding er den beste. Det har kome sjølvetsande primerar og adhesivar som ikkje treng separate etseprosedyrer, men det er stilt spørsmål ved kor bra desse bindingane er, grunna den svakare syreetsinga som blir brukt.

Bonding til dentin er meir teknikkssensitivt enn bonding til emalje. Resinbaserte adhesive system har fleire måtar å fjerne smear layer på. Nokre system fjernar smear layer ved hjelp av syreetsing. Andre system fjernar ikkje smear layer fullstendig. Men i begge tilfelle er bindinga fundamentert på mikromekanisk låsing ved å danne eit hybridlag. Av dei nye sementane brukast sjølvetsande primerar som ikkje fjernar smear layer fullstendig. Dette mykje for å forenkle og forkorte arbeidstida ved bondingprosedyra. Når desse sementane kjem i kontakt med dentin, blir smearlayer demineralisert og sementen infiltrerar smear layer og resin vil penetrere inn til det underliggande dentin og dermed skape eit hybridlag. Det er i det siste utvikla sjølvetsande, adhesive resinbaserte sementar (RelyX Unicem, 3 M ESPE). Den organiske matrisa av denne sementen består av multifunksjonelle fosforsyremodifiserte metakrylatar. Denne type sement krev ikkje førbehandling av tanna, men stolar på at den sure resinmatrisa kondisjonerar tannoverflata. Denne sementen kan kategoriserast som ein glasfosfonatsement på grunn av slektskap til silikatsementar grunna basiske inorganiske fillerpartiklar i matrisa, som deltek i reaksjonane saman med dei sure delane i resin. Dei sjølvetsande sementane har vist seg å ikkje vere sure nok, og kvaliteten av bondinga kan derfor påverkast av tjukkeleik og mengde

smear layer.

Bonding til keramikk

Bonding av adhesiv resinsement til keramar kan oppnåast med mikromekaniske og/eller kjemiske bondingmekanismer. Det finst fleire måtar å kondisjonere keramiske overflater for å oppnå bonding til resinsementar, men dei ulike overflatebehandlingane sin effekt på bonding er sterkt avhengig av kva type og mikrostruktur på overflata til keramene som skal bli bonda.

Overflate førbehandling

Mekanisk bonding til keramikkoverflater kan oppnåast med abbrasjon med diamant, partikkelabbrasjon med aluminiumoksyd, og etsing med ulike syrer. Hydrofluoridsyre er vanlegvis brukt for å etse porselen for indirekte restaureringar. Alternativa er fosfatfluorid og fosforsyre til bruk ved keramiske overflater, men deira auke av bondingstyrke er omdiskutert. Fosforsyre er brukt i industrien til å etse glas ved høg temperatur. Ved bruk i romtemperatur er effekten av fosforsyre berre å reingjere overflata, utan nokon spesiell etseeffekt, dermed er ikkje syra med på å auke keram-resin bondingstyrken. Effekten av hydrofluoridsyre er å endre mikrostrukturen og komposisjonen til keramet. Keram beståande av glasfase (Leusitt, silica-basert feltspat eller glaskeram) kan etsast med hydrofluoridsyre, mens keramrestaureringar laga av aluminiumkjerne ikkje kan etsast effektivt. Hydrofluoridsyre dannar ei overflate som er klargjort for mikromekanisk binding, med god oppløysing av glasfasen i den kjeramiske matrisa, noko som aukar overflatearealet og betrar mikromekanisk retensjon av resinsementen. Mikroundersnitte som vert danna med hydrofluoridsyra kan infiltrerast av både resin og fillerkomponentar og dannar ei sterk resinsementkerambinding. Det er vist at sjølv om fillerpartiklane kan penetrere undersnitte i kjeramoverflata, kan resin-kjerambindinga aukast ved å bruke ein bonding med fillerpartiklar på den behandla overflata. Over-etsing av kjeramet med høge konsentrasjonar av hydrofluoridsyre kan føre til lavare bondstyrke. Hydrofluoridsyre kan også være så aggressiv at dei mekaniske eigenskapane til kjeramet blir forandra, noko som igjen kan påverke bondingstyrken. Ein må altså ta hensyn til kva for ein type kjeram ein jobbar med.

Aluminiumsblåsing er brukt for å fjerne gjenværande investerings-material på kjeramikrestaureringane. Etter aluminiumsblåsinga blir overflata ru. Det er vist at slike ru overflatar har ei noe dårlegare evne til binding enn overflatar behandla med syre. Ein bør derfor unngå

omfattande aluminiums-og-sandblåsing, da dette kan føre til forandringar i overflata og dårlegare passform utan å auke bondstyrka.

Kjemisk bonding

Ikkje berre mikromekanisk bonding, men også kjemisk bonding må oppnåast for effektiv og varig resin-keram binding. Bruk av silanar er vanleg for å oppnå dette. Silanar er bifunksjonelle molekyl som aukar moglegheita for fukting av keramikkoverflata og dannar kovalente bindingar med keramikken og resinsementen. Silan-komponentar består oftast av γ -metakryloxypropyl trimetoxysilan(γ -MPTS). Reaksjonen mellom metoxysilangrupper i γ -MPTS og OH grupper i porselenoverflata dannar siloxanbindingar som kan initierast og akselerert ved å bruke syrekatalysatorar. Når syrekatalysatoren vert blanda med silankomponentar, kan methoxylgruppene hydrolysere for så å initiere stabile soloxan-bindingar(Si-O-Si) med porselenoverflata.

Keram-primerar kan klassifiserast som følger:

- 1: Uhydrolysert einkomponent silan-primer
- 2: Prehydrolysert silan-primer, einkomponent
- 3: To- eller trekomponentprimer som separerer silan og syre-aktivator

Den prehydrolyserte einkomponentprimeren har betre bindingsresultat enn den uhydrolyserte einkomponentprimeren. Auke i bindinga til keramar kan også skje gjennom varmebehandling av silanisert keram. Ein trur at gjennom varmebehandling (100 grader celcius i 60 sek) blir vatn, alkohol, syrer etc. fjerna frå den silanbehandla overflata, og fører til fullføring av silan/silica-overflatekondenseringa, og vidare silan-silica binding.

Overflata på keramar er ofte optimalisert av tannlaboratoriet når tannlegen mottok det ferdige produktet. Viss keramet kontaminert med blod og saliva kan ein gjenoppnå overflateegenskapane med fosforsyreets eller aceton, og vidare silanbehandling, før sementering.

Binding til preformerte komposittrestaureringar

Dei første komposittinnlegga var laga av mikrofylte material som vart forbehandle med trykk og

varme. Vidare blei eit inlay-system basert på lysherdande kompositt lansert i 1978. Lysherdinga førte til mindre monomerar i det ferdige produktet og vidare betre fysiske og mekaniske eigenskapar. Men bonding av desse preformerte komposittmateriala kan bli vanskeleg grunna dei få reaktive gruppene som er igjen, samt den store graden av doble bindingar i materialet. Derfor bør overflata som skal bondast til resinsement behandlast før bondingprosessen startar. Også her kan hydrofluoridsyre brukast. Hydrofluoridsyre skapar ei ru overflate ved at den bryt ned SiO₂-glas-filler. Vidare silanbehandling vil auke bondingstyrka ytterligare, sidan fillerpartiklane på overflata kan silaniseras. Hydrofluoridsyre har ein kraftig etsande effekt på glasfylte hybridkomposittar og kan bryte ned delar av resinmatriksa og vidare oppløysing av eksponerte glasfillerpartiklar og reduksjon i resinbondingstyrke. Det verkar som den mest effektive metoden for å auke bonding til preformert kompositt er å først gjere overflata ru, for så å applisere ein bonding.

Biologiske aspekt

For tida kan biologisk forsegling av kutta tannsubstans oppnåast med auto-adhesjonsmekanismer; ionebinding ved bruk av glasionomerbaserte sement, eller med mikromekanisk låsning med adhesiv resinbaserte sementar og vidare danning av hybridlag. Når ein preparerar til tannrestaureringar retinert med adhesivteknikkar, kan ein spare meir tannsubstans og ei preparering som ikkje går nedanfor gingivalranden er ønska. Dette skapar minimal periodontalrespons.

Det er viktig å behalde den sterke adhesjonen mellom tann og sement, ikkje berre for å motstå dimensjonsforandringane i materiala ved sementering, men også for å behalde forseglinga av tannoverflata og forhindre bakterieinvasjon og syreangrep. Det er ønska ein sement som kan frigjere fluor og avverge kariesangrep. Det er vist at glasionomersementar og resinmodifiserte glasionomersementar har ei større fluorfrigjering og fluoropptak enn polysyremodifiserte- og komposittar med fluorinnhald. På ei anna side har glasionomersementar sementane lågare mekanisk styrke, og resinmodifiserte glasionomersementar høgare vassløyslegheit. Dette gjer dei dårlegare rusta for bruk som adhesive sementar, og særleg for bruk på reint keramiske restaureringar.

Mekaniske aspekt

Metall- og metallkeram- (MK) restaureringar har lenge blitt sementert med nonadhesive sementar, med høg grad av suksess. Grunnen til å bruke adhesive sementar på MK-restaureringar er for å gi ekstra retensjon der prepareringar er utført slik at dette er nødvendig. På heilkeramiske restaureringar, som er

meir skjøre enn MK-restaureringane, trengs ein sterk og stabil substruktur for å støtte restaureringa mot overbelastningar.

Konvensjonelle glasionomersementar har ei svak binding til keramiske material, og kan føre til marginal nedbryting av keramiske innlegg under okklusalt trykk. Resinmodifiserte glasionomersementar vart utvikla for å forbetre dei konvensjonelle glasionomersementane,. Men eit stort problem for desse sementane var hygroskopisk ekspansjon. Sjølv om sementane krympar under sementering, ekspanderer dei grunna vassopptak seinare. Dette kan føre til ekspansjonsstress for keramrestaureringane og frakturar kan oppstå.

For å oppnå ei god tann-sement- og kjeram-sementbinding er dimensjonsstabilitet svært viktig. Når monomerar går over til å bli polymerar fører det til ei tettare pakking av molekyla, og dermed reduksjon i volum, ofte kalla polymeriseringskontraksjon. Når kontraksjonen blir hindra, kan dette være kritisk for dei bonda overflatene og sementstyrken. Det er dermed å foretrekke å ha ei stor bonda overflate i forhold til fri overflate, for å unngå unødige kontraksjonar (C-faktor).

Herding

Resinsementar kan kategoriserast inn i måten dei blir herda på. Sjølvherdande, lysherdande og dualherdande sementar. Til skalfasettar kan lysherdane sementar brukast, grunna god tilgang for lyset. Når lyset blir hindra av større restaureringar, keramiske eller resinkompositt, anbefalast dualherdande sementar for å kompensere for lysherdinga si tilgjengelegheit. Dualherdende sementar startar si herding med at lysherding initierer polymerisering, og vidare skjer det ei kjemisk initiering av polymeriseringa. Det er anbefalt å lysherde sementen frå fleire vinklar for at herdinga skal bli best mogleg.

Estetiske aspekt

Sidan adhesivteknologi har gjort det mogleg å lage tannfarga restaureringar, har sementane også estetisk viktige eigenskapar. Farge og opasitet, samt fargestabilitet er viktig.

Farge:

Fargen på sementen kan i nokon grad påverke skalfasettane sin farge, men sementen kan aldri forandre fargen på t.d. ei restaurering med feil farge i utgangspunktet. Det er berre små fargeforandringar som

sementane kan ha utslag på, sidan sementlaget er så tynt. Opasiteten på sementen er viktig i dei tilfella tannlegen vil skjule misfarga dentin. Viktig er også at uherda sement kan vere noko meir gul enn herda sement om den inneheld phorquinone. Sement som inneheld fotoinitatoren bis-acylphosphineoksid (BAPO) har ikkje denne effekten. BAPO-sementar kan berre lysherdast med ei bølgjelengd på 415nm, og ikkje 470nm. Krystall-ammoniumforbindelsar gir misfarging, og ein vil derfor unngå sementar som inneheld desse, spesielt ved sementering av laminat.

Fargestabilitet:

Sementar kan misfargast over tid etter opptak av partiklar frå mat. To eigenskapar er viktige i forhold til fargestabilitet for sementar: jo betre herda sementen er, jo betre blir motstand mot misfarging. Jo meir hydrofil sementen er, jo mindre blir motstanden mot misfarging. Med dei første resinmodifiserte glasionomersementane hadde ein store problem med misfarging, grunna at dei inneheld HEMA, som er ein sterkt hydrofil akrylat.

Verdien av bondingstyrketestar

Produsentane markedsfører sine eigne sementar med imponerende resultat frå bondingtestar, sjølv om tannlegen eigentleg kan velge adhesivsementar ut i frå mange eigenskapar. I dei siste åra har mange nye bondingsystem blitt introdusert, som alle hevdar dei er gode i klinisk bruk. Slike system burde vore testa i laboratorium, men det er vanskeleg å sjå eit material sin kliniske kvalitet på denne måten. Og dei hyppige skifta hos ein produsent frå eit system til eit anna, kan ikkje gi langsiktige kliniske evalueringar. Mange har stilt spørsmål om skjere-og tensjons-bondstyrketestar er pålitelege. Bondingstyrketestar har ofte ulik design, og det er også vist ulike resultat med same design og same material. Type bondingstyrketest og storleiken på prøvene som blir testa har vist seg å ha stor influens på resultatet.

Eit viktig punkt for å undersøke bondingstyrketestar og deira pålitelegheit, er å sjå om testen er gjort med hensyn til bondingfeil. Viss ikkje denne faktoren er teke omsyn til kan resultatet bli feilaktig. For å ta hand om dette problemet vart mikrotensjons-bondstyrketest innført (?TBS test). Denne testen reduserte dentin kohesive feil, og høgare bondingstyrke vart rapportert i denne testtypen. Den høgre bondstyrken ved ? TBS testar bør ikkje sjåast på som betre bondstyrke i dei testa materiala, men meir som resultat av endra testmetode. I konvensjonelle skjere og tensjons-bond testar blir det brukt større

bonda areal som resulterer i ei mindre uniform flate, mens ved ? TBS testar blir mindre og meir uniforme prøver testa, noko som fører til høgare bondingstyrke.

Visjonar innan dentinbonding

Resinrestaureringar har vorte den mest brukte forma for tannrestaurering dei siste åra. Materiala har vist låge biologiske problem, og dermed ein høg biokompabilitet. Men nokre rapportar viser til undersøkingar der ein har funne at restaureringane kan gi tannhelseproblem og dårlege prognosar. Det er materialet si nære kontakt med dentin-pulpa komplekset som er grunnen. Gjennom dentinkanalane kan delar av resinmaterialet trenge igjennom til pulpa og forårsake skade her. I tillegg kan krympinga i resinmaterialet skape ytterlegare problem. Testane det her er vist til er in vivo eller in vitro testar. In vivo testane er stor grad utført i dyrestudier, ofte med rotter eller apar. Desse reagerar ikkje på same måte som menneske på stimuli, og kan derfor ikkje gi eit korrekt bilete. Humane forsøk er ”gullstandarden”, men desse forsøka er vanskelege, både etisk, økonomisk og lovmessig. Derfor er dyreforsøk det ein kan støtte seg til, sjølv om desse også byrjar å bli ulovleg eller vanskeleg gjennomførbare i nokre land.

In vitro biologiske testar har blant anna vist at resinmonomerar kan diffundere raskt gjennom dentinkanalar og inn i pulpa, og danne uheldige reaksjonar her. Dentinadhesivar er vist til å gi ifrå seg mykje monomerar, som i forsøk har vist seg som toksiske effektar etter ei veke. Dei toksiske effektane var større til høgare permeabiliteten var.

Viss adhesiven ikkje bind tilstrekeleg til dentin og emalje, vil det føre til nano og mikrolekkasje, noko som igjen er indirekte årsak til biologiske problem. Nesten alle adhesivar får ei form for lekkasje i in vitro testar grunna krymping og bondingdefektar.

Nye biologiske *in vitro* testar

Faktorar som dentintjukkheit, dentinpermeabilitet og eksponeringstid har vist seg å ha innverknad på toksisiteten av resinar. Men eit fundamentalt problem er at in vitro cytotoxissitet ikkje er vist i humane studiar. Dette problemet kan ein omgå med nye in vitro testar. Tilpassa cellelinjer til pulpa kan bli brukt. Og det er vist at ein kan lage udødelege odontoblastar. Organmodellar, ved bruk av oppdelte vitale tenner har også vist lovande resultat. I framtida vil antakeleg utvikling av cellelinjer, kombinasjonar av desse og til og med celler som er spesielt utvikla for t.d. pasienten sin alder eller sjukdomsbilete bli brukt. Bruk av tredimensjonale kulturar i relevante biologiske matrisar verkar og sannsynleg. Dette kan gjere det mogleg å ha langtids eksponering, og skape *in vitro* kroniske inflammasjonar og autoimmune reaksjonar, noko som er umogleg med dagens testar. Dermed kan ein undersøke material for eksempel i forhold til allergi. Resinmaterialallergi og latexallergi har vist seg å auke etter at materiala vart teke i bruk i odontologien og til anna medisinsk bruk. Desse allergiane

utviklar seg, og med dei nye metodane kan ein på ein betre måte finne ut av uønska effektar ved lang tids bruk. Det er viktig at det kanskje ikkje berre er lokale effektar, men også moglege systemiske.

Den siste forbetringa med dei nye *in vitro* testane er utviklinga av målbar cellulær respons. Historisk sett har *in vitro* testar fokusert på toksisitet. Men desse nye metodane ser meir på den cellulære responsen ved tilheling, inflammasjon og kronisk sjukdom.

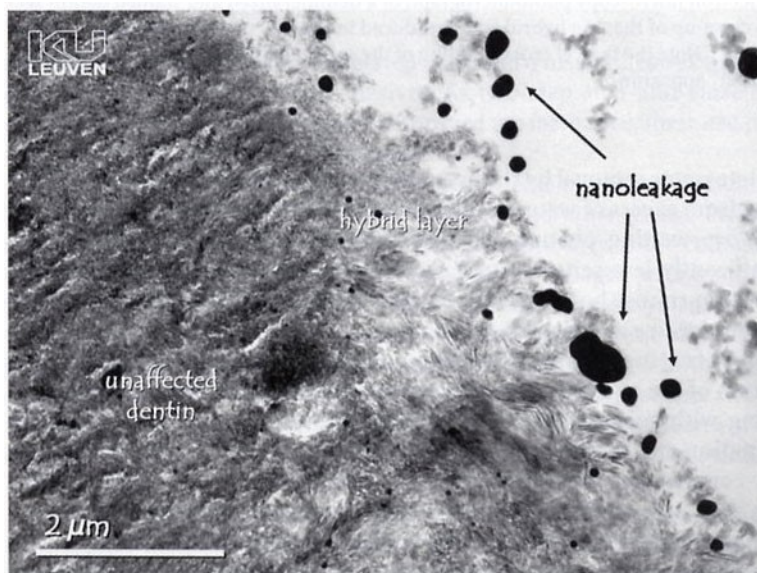


Fig.18 Her ser vi korleis sølvnitrat kan farge eit TEM-bilete. Sølvnitratet trengjer inn der det er porøsitatar, altså ei form for lekkasje.

Mikrolekkasjetestar

Bruk av indikasjonsfarge er vanleg ved mikrolekkasjetestar. Historisk sett er sporingspartiklane som vert brukt, langt mindre enn dei bakteriane og endotoxinane som kan diffundere klinisk. Derfor er den kliniske relevansen til desse studiane diskutabel. Vidare var mange av sporingspartiklane sure av natur, og førte til etsing av substratet, og gir dermed også overestimering av lekkasjen. Men no er ein i gong med å utvikle betre metodar. Tay og medarbeiarar har vist, ved bruk av nøytrale løysingar av sølvnitrat for å studere mikrolekkasjen med TEM, at lekkasje er eit signifikant problem sjølv med dei nyaste adhesivane. Dei har funne ut at sporingspartiklane diffunderar grunna dårleg resin-penetrasjon mellom hybridlaga.

Viktigheita med timeglasprøver ved bondingtestar

Introduksjonen av bonding var meint å auke funksjonsstabiliteten av dentalbehandlinga, då fyllingane

ofte mista feste etter ein kort periode på grunn av dårleg retensjon. Mens syreetsmetoden viste seg å vere mest påliteleg for emaljebonding, var der ingen gode løysingar for bonding til dentin. Potensialet for debonding av fyllingar oppstod med ein gong dentin vart utsett for karies, slitasje, tannfraktur, eller boring. Fordi der ikkje er nokon innebygd kapasitet for tanna til å erstatte tapt dentin eller emalje med sårtilheling, var resultatet ofte erosjon og degenerasjon av dentinet og festeoverflata. Når tannvevstap er avgrensa til emalje kan ikkje dette skje, fordi emalje er impermeabelt og dermed kan ingen vidare bakteriepenetrasjon skje. Tannverk og postoperativ hypersensitivitet kjem av eksponert dentin, som normalt er tubulær og åpen. Slik stoda er no, er der ingen pålitelege metodar for å hindre stimuli og mikroorganismar å nå pulpa gjennom dentintubuli. Bonding av resin til syreetsa emalje var funnen å vere påliteleg og stabil samanlikna med bonding til dentin. Forskarar innsåg at eit nytt konsept burde bli utvikla som beskytta preparert dentin. Ein kom fram til at ein trengte ein kunstig barriere mellom dentin og omgivnadane. Emalje fungerer som barriereliknande hud som hindrar progresjon av infeksjon.

Sinkfosfatsement vart introdusert i tannlegebransjen på midten av det 19. århundre. På den tida var det hovudsakleg brukt på emalje og det fungerte bra. Turbinen vart utvikla for å gjere prepareringane enklare og betre. Mens meir preparering førte til betre retensjon innsåg ikkje tannlegane at auka dentinblottlegging auka risikoen for tap av pulpavitalitet. Dessverre førte introduksjonen av luftturbin saman med mk-kroner til tidleg tanntap. Dette var ofte resultat av ekstensiv preparering av tenner som førte til skader i pulpa. Tanna er som kjent eit levande organ, og emalje er viktig for å skilje tanna frå det omkringliggande miljø. Eksponert dentin kan ikkje overleve utan ei beskyttande og ugjennomtrengeleg barriere.

Sheartestar var einaste metode for å måle retensjonen av proteser sementert til preparerte tenner med syrebasesement. Det ein var mest oppteken av med dette produktet var eit stort antal tilfelle av mikrolekkasje, postoperativ hypersensitivitet, sekundærkaries og veldig ofte losna restaureringane etter ein kort periode. Eksponert dentin vert demineralisert av sinkfosfatsement og det eksponerte kollagenet blir hydrolysert etter at restaureringa vert plassert.

Der er ein anbefalt metode til å måle bondstyrke til tannsubstans i ISO/TC 106 Dentistry. Men dei eksisterande metodane for å måle bondstyrke til dentin er ikkje gode nok, då tverrsnittarealet av substratet er større enn det bonda området, noko som ikkje er passande for å identifisere defektar som vert danna i substratet. Dei kontrollerar ikkje storleiken på substratet og det er vanskeleg å identifisere defektane i substratet som blir danna under bondingprosedyra. Timeglasprøver vart introdusert for å få tilgang til defektane i dentinet som vart bonda. Denne metoden er veldig informativ for analyser av defektar i material generelt og strekkstyrke målt med timeglasforma prøver blir foreslått å vere ein basis testmetode for å evaluere adhesive restaureringsmaterial. Det gir god informasjon om restaurerte

tenner (dentin) med dentale material og det er eit førsteval for å angje klinisk dugleik.



Fig.19 Her er eit apparat for testing av mikrotensjonsstyrke. (18)

Viktigheita av gode material for å stabilisere og forsterke dentin

I utviklinga av dentale material har ein ikkje lagt tilstrekkeleg vekt på tannsubstansen. Fjerninga av tannsubstans svekkar tanna irreversibelt. Dette har ein ugunstig effekt på dei mekaniske eigenskapane til tanna. Tannsubstans spelar ei viktig rolle i tannbehandling.

Minitimeglasprøver for å måle tensjonsstyrke i restaurert dentin

Mini-timeglasprøver

Ein viktig mekanisk eigenskap for materiale er tensjonsstyrke og det er viktig å velje material som passar for det det skal brukast til. Måling av tensjonsstyrke er også effektivt for å identifisere defektar i prøvematerialet når timeglasprøver er valt. Der er mange standardiserte prosedyrar for å måle tensjonsstyrke i industrien. Forma på prøvene er spesifisert for å oppnå standardiserte testar og reliable resultat og fører ikkje til dentinfraktur som resultat av stresskonsentrasjon.

Nakabayashi et al. foreslo ein miniatyrmodell timeglasprøve, tverrsnitt på 7 x 2 mm² i stavdelen (rod part), basert på ein japansk industrialisert standard for å måle TBS (Tensile Bond Strength) til humant dentin i preferanse til ISO/TC 106 Dentistry sine anbefalte prosedyrar. Attverande demineralisert dentin kan ha alvorlege uheldige effektar på varigheita av dentale restaureringar. Bondingstyrketestar vart utført med 4-META/MMA – TBB resin til humant dentin forbehandla i 10, 30, og 60 sekund. Resultatet var som forventa frå tidlegare resultat. Kohesive frakturar i herda resin vart identifisert i 10 sekundsgruppa, men 30- og 60 sekundsgruppene fekk fraktur i det gjenståande

demineraliserte dentinet. TBS'en av 10 sekundsgruppa var signifikant høgare enn dei to andre gruppene, mens der var ingen signifikant skilnad på dei to andre gruppene. Anbefalinga gjekk ut på å revurdere tverrsnittområdet ein gong til etter at ein hadde påført belastning av prøva så den frakturerte.

Ein fann ut at fabrikasjon av 7 x 2 mm² miniatyr timeglasprøver frå bonda humant dentin var for vanskeleg, då tilgangen til så store tenner var for liten. Dette problemet klarte ein å forbigå ved å fjerne den 4 mm plata frå den sentrale delen av timeglasprøva 7 x 2 mm² med ein 3 x 2 x 1,2 mm² stav mens ein beheld forma på kurvaturen. Det vart stadfesta at skilnader i storleiken og form på prøver mellom minitimeglas (3 x 2 mm²) bovint dentin og miniatyr timeglas (7 x 2 mm²) i humant dentin ikkje viste nokon statistisk signifikant skilnad på TBS. Derfor vart minitimeglas testprøver valt for å måle tensjonsstyrke av restaurert dentin. Ein fann at 3 x 2 mm² minitimeglasprøvemethoden ikkje fungerte når ein skulle teste emaljebonding fordi frakturen skjedde i DEJ (dentin-emalje junction) først og det var vanskeleg å vise TBS til emalje. Det var derimot mogleg å konkludere med at TBS av resin til emalje var høgare enn tensjonsstyrken av DEJ regionen og at restaurert emalje kunne fungere som normale tenner.

Harmonisering av mikrolekkasje og tensjonstestmetodar

Mikrolekkasjetesting har vore utført i stor skala i tannlegeindustrien og ein meiner det er veldig vanskeleg å hindre denne lekkasjen. Nakabayashi uttalte i 1992 at viss det var mogleg å eliminere spalten mellom dentin og bonda resin ved å impregnere polymerar inn i substratet, kunne ein redusere eller eliminere mikrolekkasjen. Tette fyllingar er viktig for å hindre lekkasje, sekundærkaries, kantmisfarging og svekka bondingstyrke mellom tann og fylling.

Data er blitt innsamla frå mikrolekkasjefrie bondingprøver identifisert med ein mikrolekkasjetest og defektfri bonding oppnådd med tensjonstesting ved bruk av minitimeglasprøver av restaurert dentin. Ein forventa at når tensjonstestane gav gunstige resultat ville ein ikkje finne mikrolekkasje i dei. Men dentin som var restaurert med kompositt inlays festa med syrebasesement og 4-META/MMA – TBB resinbonda prøver med attverande demineralisert dentin fekk mikrolekkasjar. Ein konkluderte med at porøs demineralisert dentin er permeabel for misfarging og at mikrolekkasje har oppstått.

Mikrotensjonsstyrke

Mikrotensjonstesting var først meint å gi tilgang til den lokale påverknaden av bonding til dentin, men mange forskarar brukte den til å estimere TBS til dentin, då verdiane vart høgare då dei valte denne methoden. Nokon rapporterte om sterk bondingstyrke høgare enn tensjonsstyrken til dentin. TBS må

generelt ikkje overskride tensjonsstyrken til substratet, då det svakare substratet må frakturere i dette tilfellet. Dei høge verdiane ein oppnådde med denne metoden har blitt attributtert til dei små storleikane på prøvene. Det er ein god metode for å samle opp data om tensjonsstyrke av kariøst dentin behandla på ulike måtar og for å analysere bonding til abnormalt dentin. Flytraten for hausting av testprøvene er viktig, då storleiken på testprøvene er for liten til å beskjære dei til å tilpasse for mikrotensjonstest. Svake eller dårlege prøver som går sund med ein gong tek ein ikkje med i testinga og dei blir oftast også haldt vekk frå datainnsamlinga. Klinisk er slike svake bondingar veldig viktig då ein høg rate av mislukka prøver ikkje vil bli tolerert. Når Nakabayashi et al. målte bondingstyrke med minitimeglastest kom dei fram til at det var vanskeleg å bestemme TBS når ikkje alle prøvene kunne takast med i testresultatet. Svake eller null (spontan debonding pre-test) bondstyrkedata gir verdifull informasjon og tener som ein peikepinn for forbetringar av bondingbetingelsar, med tanke på både adhesiv og substrat conditioner (forbetring/forbehandling). Våt bonding til dentin forbehandle for å fjerne smear layer og frekvensen av aceton primerar vart studert. Gjentakning av primer var naudsynt då det våte demineraliserte dentinet har lågare permeabilitet til vatn, som krev repeterande applikasjonar for å dehydrere det våte substratet. Når demineralisert dentin vart preparert med 10 – 3, var ein enkel applikasjon nok.

Måling av tensjonsstyrke på restaurert tann

Restaurert dentin består av dentin og restaureringsmaterial. Kunstig emalje (hybridisert dentin med impregnerte monomerar) må bli inkludert i stavdelen (3 x 2 x 1,2 mm?) i minitimeglasprøvene for å binde dentin og dei dentale materiala. Tensjonsstyrken på den restaurerte tanna viser eit estimat av den potensielle kliniske prestasjonen av behandlinga. Denne informasjonen er meir til hjelp enn tidlegare metodar for måling av bondstyrke til dentin. Det er viktig å kunne identifisere defektar i substrat då det er den langsiktige funksjonen av den restaurerte tanna med gjentakande funksjonell belastning som er viktig. Demineralisert dentin som ligg under spalten mellom bonding og dentin kan ha den same ugunstige påverknad av restaureringa som under herda syrebasesement. For lite merksemd er blitt gitt til dentindefektar som er oppstått under forbehandlingsfase av behandlinga eller sementering med syrebasesementar som kan føre til gradvis nedbryting av restaureringa.

Ein har vist at det er mogleg å pode (graft) frakturerte koronale tannfragment til vitale tenner og forsterke den reparerte delen med denne teknologien. Dette bekreftar funna av minitimeglasprøvene der kohesive feil i den originale er identifisert. Vidare, bevaring av den eksponerte pulpa ved direkte pulpakapping er mogleg med applisering av kunstig emalje. Utvikling av denne teknologien vil hjelpe oss å bevare fleire tenner vitale, og det har mange fordelar då det er enklare, mindre invasiv og raskare alternativ til endodontisk behandling.

Framtidige perspektiv: Gjere mikrolekkasjefrie restaureringar moglege

Adekvate preventive målingar er å bevare tenner, då noverande restaureringsteknikkar ikkje kan hamle opp med kariesaktivt miljø, sjølv med dei mest avanserte materiala. Kunstig emalje er viktig for å tillate ”pseudo” sårtilheling av eksponert dentin. Vanleg sårtilheling er umogleg på dentin då det manglar blodforsyning for å starte den og for å forhindre infeksjon. Straks dentin er eksponert er minimaliserte inngrep umogleg utan kunstig emalje på grunn av mangel på sårtilheling i dentin. Vi må unngå karies for å gjere minimale inngrep ein realitet ved å kombinere minimale vevstap med kunstig emaljebehandling.

Behandlingar slik som ”single step” bondingar og bruk av syrebasesementar er populære hos klinikarar som trur at enkel behandling er høgaste prioritet og material som er enkle å bruke er av overordna viktighet. Men for pasientar treng ikkje dette vere tilfellet. Minimale intervensjonsteknikkar og restaureringar si haldbarheit er dei mest kritiske faktorane. Behandlingar som ikkje er til å stole på, oppmuntrar berre til tidleg tanntap og forhastar den dentale ”nedteljinga” til tanntap.

Minitimeglastestprøveteknikken er veldig lovande for å kunne forstå dentinbondingmekanismar og estimere kvaliteten av kunstig emalje. Så når ein har forstått det, kan mikrolekkasjefrie fyllingar vere eit faktum. Mikrolekkasje finn ein i demineralisert dentin i restaurerte tenner. Det induserer debonding av restaureringa ved hydrolyse i munnen og restaureringa kan ikkje bonde seg til dentin. Målet for adhesiv tannlegeindustri må vere å lage mindre restaureringar som varer lengre og som ikkje har mikrolekkasje. Bruken av dentale material er hjelpsam i denne samanhang, men det er ikkje den viktigaste funksjonen i tannlegeindustrien. Dentale material blir brukt til å rehabilitere kompromitterte tenner. Framtidig forskning må handle om å hjelpe tenner med tilheling og å beskytte seg sjølv.

Diskusjon

Gjennom dei siste 50 åra er dentinbonding noko av det som har gjennomgått den største utviklinga innan odontologien(5). Noko ein må hugse på i dette biletet er at dentinbonding er eit relativt nytt fenomen. Amalgam, zinkfosfat-sementar og tidlegare resinbaserte material bonda ikkje til tannstruktur. Og dei hadde gode langtidseigenskapar. Dette kan vere ein tankevekker; nokre få megapascals forskjell i bondingstyrke gjer ikkje nødvendigvis ein bonding betre enn ein annan. Nokre spør seg om fokuseringa på bonding og mikrolekasje har gått for langt. Burde ein kanskje heller funne ut kor mykje bonding som er nok bonding, og når bonding faktisk er nødvendig. Er mikrolekkasjereduksjonen av bonding så viktig klinisk som ein vil ha det til? Mange klinikarar er også skeptiske til den gode og langvarige bondingen til dentin mange testar viser til. Mange hevdar at det kliniske biletet ofte er at restaureringar, kun bonda til dentin, lett løsnar ifrå underlaget når fyllinga er mogen for skifting. *In vivo* langtidsstudiar er etterlengta.

Det er enda ikkje blitt etablert ein klar samanhang mellom bondingstyrke til eit adhesivsystem og evna til å forsegle. Noko som gjer at ein kan stille spørsmålsteikn ved om bondingstyrkedata kan forutseie adhesjonseffektiviteten av systema. Det er mykje meir truleg at bondingstyrketestar kan brukast som screening-testar ved å samanlikne eit system mot eit anna, ved å bruke dei same standardiserte testane, eller å bestemme effekten av å forandre nokre variablar innan eit system. Det er viktig å bruke pålitelege og standardiserte laborietestar, kombinert med korttidskontrollerte kliniske studiar for å kunne forutseie effektiviteten av eit gitt adhesivsystem. Dette er utfordringar som må ta på alvor. Det har tidlegare i oppgåva vore nemt ei rekkje med variablar som kan påverke resultata frå bondingstyrke-, og mikrolekkasetestar (dette står det meir om i Bondingstyrke til emalje). Desse variablane må ein tilstrebe å kontrollere slik at det er mogleg å kunne samanlikne dei ulike testane opp mot kvarandre. Per i dag er det i berre ein liten grad mogleg å sjå dei ulike forsøka opp mot kvarandre. I dei fleste tilfella må ein sjå på forsøka isolert og berre vurdere dei ulike produkta innanfor kvart forsøk.

Avgjersla ein tannlege tek om å skifte til eit nytt adhesivsystem, bør vere basert prinsipielt på denne tannlegen si eiga kliniske erfaring med det adhesivsystemet han brukar, og om det er naudsynt eller ikkje å bytte til eit nytt.

Referanseliste

- 1: Gerard Kugel, Marco Ferrari: The science of bonding: from first to sixth generation. JADA, Vol. 131, June 2000
- 2:(http://www.pentron.com/pentron/admindocs/suggest_245.pdf)
- 3: S. Bouillaguet and J.C. Wataha: "Future directions in bonding resins to the dentine-pulp complex". J. Of Oral rehabil. 2004 Apr; 31(4): 385-92
- 4: Nobuo Nakabayashi:
Importance of mini-dumbbell specimen to access tensile strength of restored dentin: historical background and the future perspective in dentistry. Journal of Dentistry(2004) 32, 431-442
- 5: Gordon J. Christensen: Bonding to dentin og enamel; Where does it stand in 2005. JADA, Vol. 136, sept. 2005, 1299-1302
- 6: G. Eliades, D.C. Watts, T. Eliades Eds.: Dental Hard Tissues and Bonding, Springer
- 7: Gallo JR, Burgess JO, Ripps AH, Walker RS, Winkler MM, Mercante DE, Davidson JM. Two-year clinical evaluation of a posterior resin composite using a fourth- and fifth-generation bonding agent Oper Dent 2005;30:290-296
- 8: Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, Waller JL, Pashley DH. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentinbonding. J Adhes Dent. 2005;7:133-141
- 9:<http://www.biscocanada.com/en/catalogue.php>
- 10:<http://www.biscocanada.com/en/catalogue.php?pid=2&PHPSESSID=88685472d7b37f87db0d2730bcfececc>
- 11:<http://images.google.no/images?svnum=10&hl=nn&lr=&q=one+coat+se+bond>
- 12: <http://images.google.no/images?hl=nn&q=ibond&ie=UTF-8&oe=UTF-8&sa=N&tab=wi>
- 13: Van Dijken WJ. Resin-modified glass ionomer cement and self-cured resin composite luted ceramic inlays. A 5-year clinical evaluation. Dent Mater. 2003 Nov;19(7):670-4.
- 14: [Sjogren G](#), [Molin M](#), [van Dijken JW](#). A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. Int J Prosthodont. 2004 Mar-Apr;17(2):241-6.
- 15: William J. Dart, O'Brien, PhD, FADM. Dental Materials And Their Selection, Third edition
- 16: <http://www.vladmiva.ru/index.shtml?content/english/stiodent.htm>
- 17: <http://www.gcamerica.com/gcfujcem.html>
- 18: <http://www.hemetek.com/packagingtesting.asp>